كتابك الأول عن ٥

الزجاج



الـزجـاج

الطبعة الخامسة

الناشر : دار المعارف - ١١١٩ كورنيش النيل - القاهرة ج.م.ع.

كتاب الأول عن
٥

الزجاج

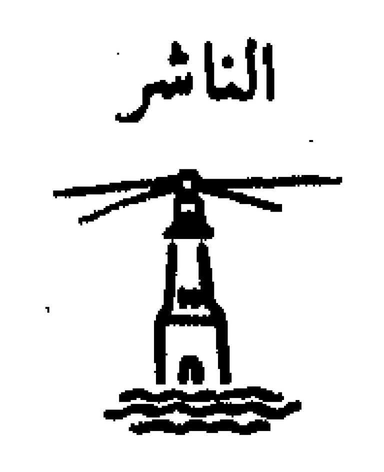
تأليف

سام وبيرل إبشتين

ترجمة

عبدالفتاح المنياوى

الناشر

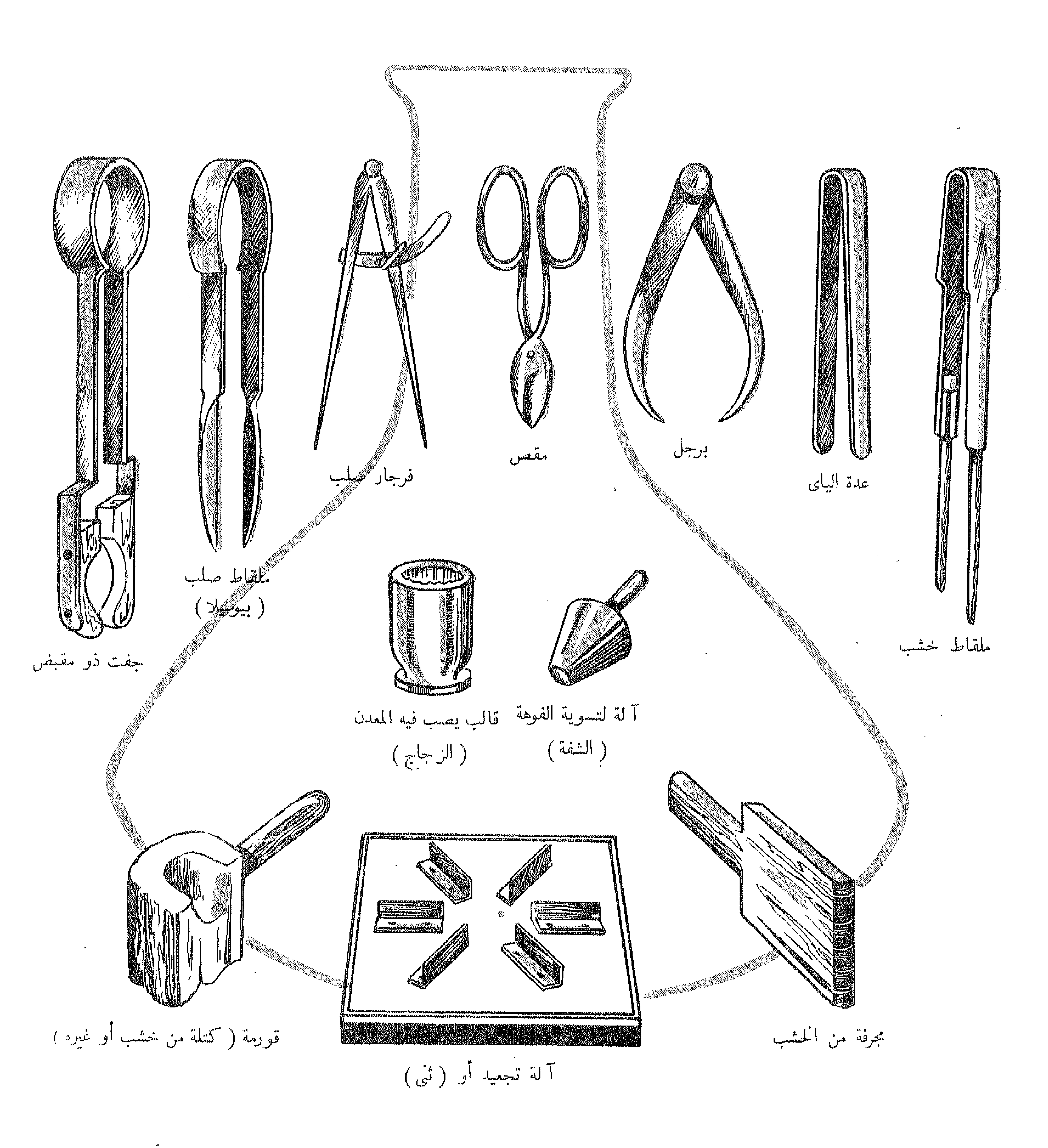


دار المعارف

بالاشتراك مع الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافة العالمية

بالقاهرة

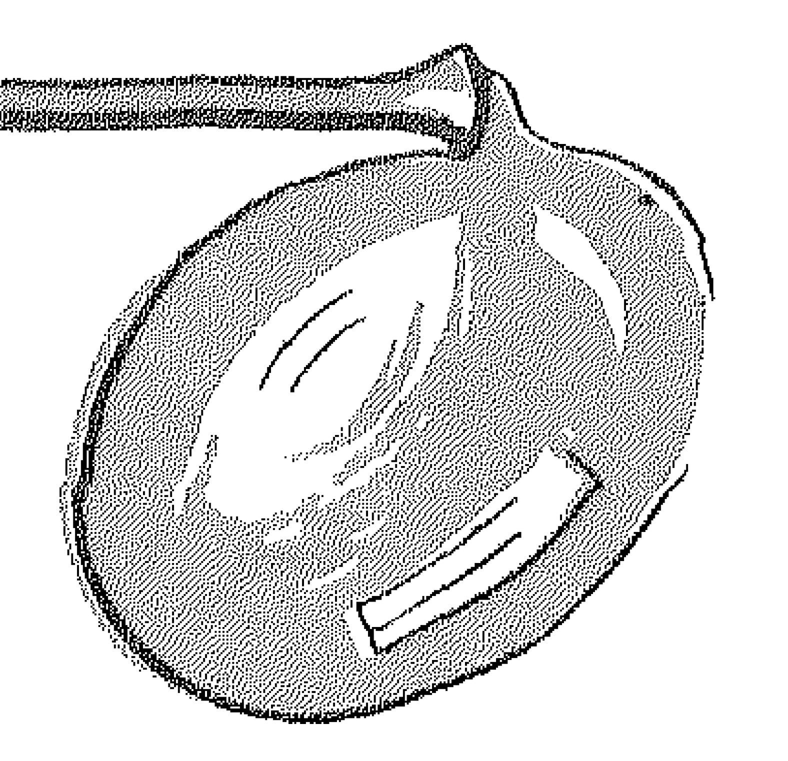
أدوات يستخدمها صانع الزجاج





سفود الزجاج





انبوبة نفخ

ألغاز ستة وتزيد لغزاً ؟

خشن كالحجر ، أو ناعم كالقطن المندوف . . . . . فما هو ؟
سهل الكسر كقشرة البيضة ، أو قاس كالصلب . . . . . فما هو ؟
يسمح بمرور الضوء ، أو يحول دون نفاذه فيه . . . . . . فما هو ؟
عديم اللون ، أو يتلون بكل طيف من قوس القزح . . . . . فما هو ؟
خفيف فى وزن الريشة ، أو ثقيل فى وزن الرصاص . . . . . فما هو ؟
صلب كالأسمنت المسلح ، أو طيع مرن كالحرير . . . . . فما هو ؟

كلمة واحدة تصلح أن تكون إجابة عن كل هذه الفوازير وعن كل لغز من هذه الألغاز . هذه الكلمة هى « الزجاج » .

ولكن كيف يمكن أن تكون مادة من المواد خشنة وناعمة فى وقت واحد ، أو جامدة وسهلة الكسر ، أو شفافة ومعتمة ، أو عديمة اللون ومتعددة الألوان ، أو خفيفة وثقيلة ، أو صلبة وطيعة مرنة ؟

إن الإجابة الحقيقية الوحيدة لهذا اللغز تتمثل فى القصة الواقعية الكاملة وراء تلك المادة العجيبة التى نسميها الزجاج .



رافعة من خشب ، وقضيب دائرى من زجاج كان يستعملها صانع الزجاج الفرنسى فى عام ١٧٥٠

منذ أجيال عديدة ، لم يكن هنالك سوى نوع واحد من الزجاج ، وكان الناس لا يستخدمون هذا الزجاج إلا لأنهم كانوا يعجبون بجماله .

كان الزجاج جامداً ولكنه سهل الكسر ، كان لونه يميل إلى الاخضرار ولم يكن شفافاً . لم يكن ثقيلاً جداً ، ولم يكن مرناً طيعاً إلا إذا أذيب فى درجة حرارة عالية . ولما كان صانع الزجاج فى تلك الأيام يجهل نفخ الزجاج ، فقد كان يلجأ إلى تشكيله فى قوالب عند ما يكون ساخناً مرناً طيعاً ، فيحوله إلى عقد من زجاج ، أو إبريق صغير ، أو زجاجة رقيقة الحجم .

وكان هذا الإنتاج كله نادراً غالياً ، لا يقدر على اقتنائه غير الملوك والأثرياء .

الزجاج اليوم فى كل مكان

ولكن الزجاج اليوم مادة من أكثر المواد شيوعا وانتشاراً فى عالمنا الحديث .

إن كل واحد منا يستطيع الحصول عليه دون عناء أو مشقة ، إننا نستخدمه فى أغراض شتى ، ولا نتصور مثلاً أننا نستطيع الاستغناء عنه فى حياتنا .

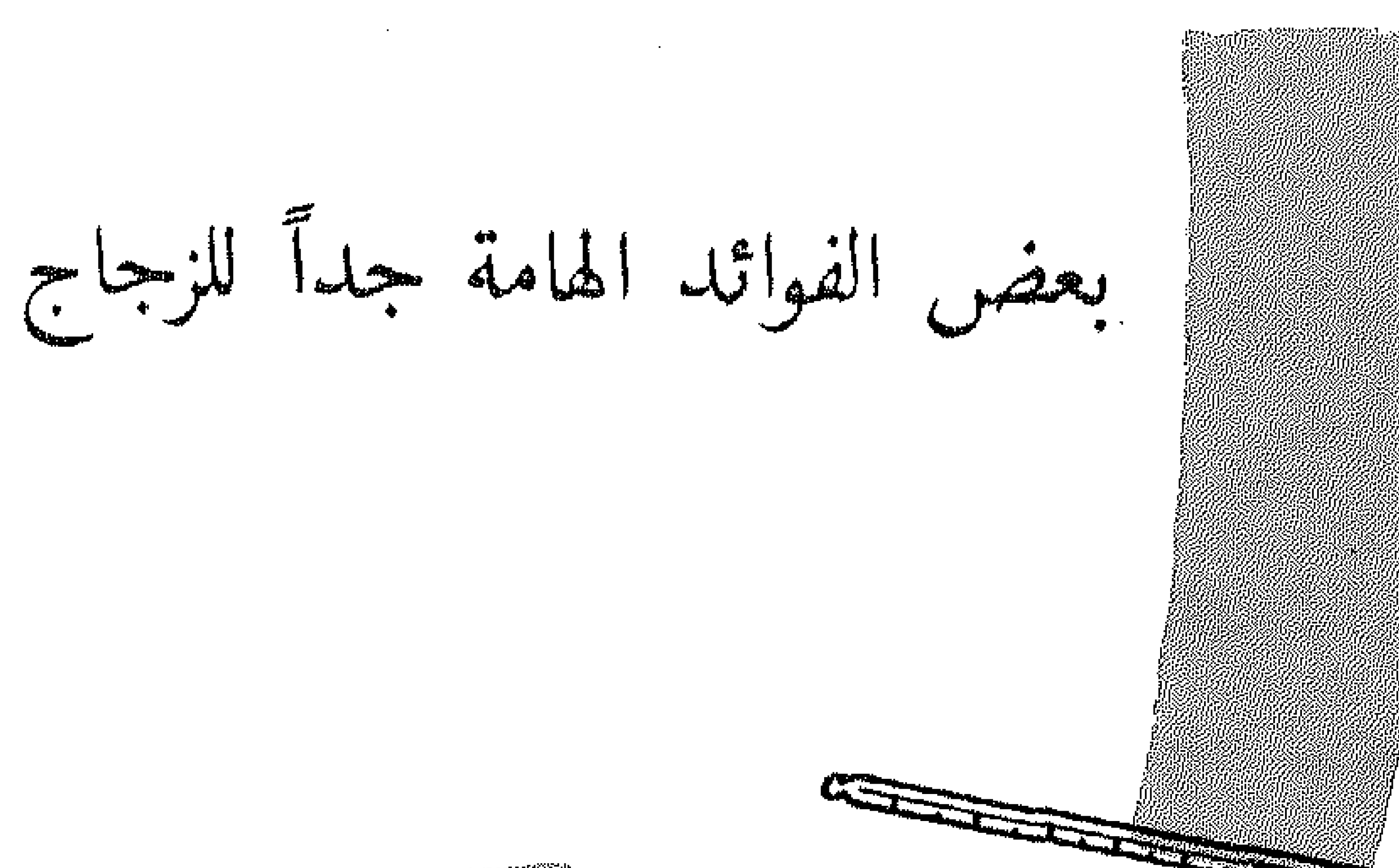
فنحن نرى الأشياء من خلال زجاج النافذة ، ونشرب فى أكواب من زجاج . ونحن نشترى الطعام معبأ فى أوعية زجاجية ، أو نطهوه فى أطباق من زجاج . ونحن ننظر إلى قطعة من زجاج لنرى أنفسنا ، أو نقرأ فى ضوء يعطينا إياه مصباح كهربى مصنوع من زجاج ، كما أننا نلبس على أعيننا نظارة من زجاج .

إن بعضنا يعيش أو يعمل أو يتعلم فى مبان جدرانها مبنية من طوب مصنوع من الزجاج ، أو قد تكون لها ستائر على نوافذها وفتحاتها من نسيج رقيق من الزجاج . والزجاج يحمى كشافات سياراتنا ، أو سيارات النقل ، أو القطارات والطائرات.

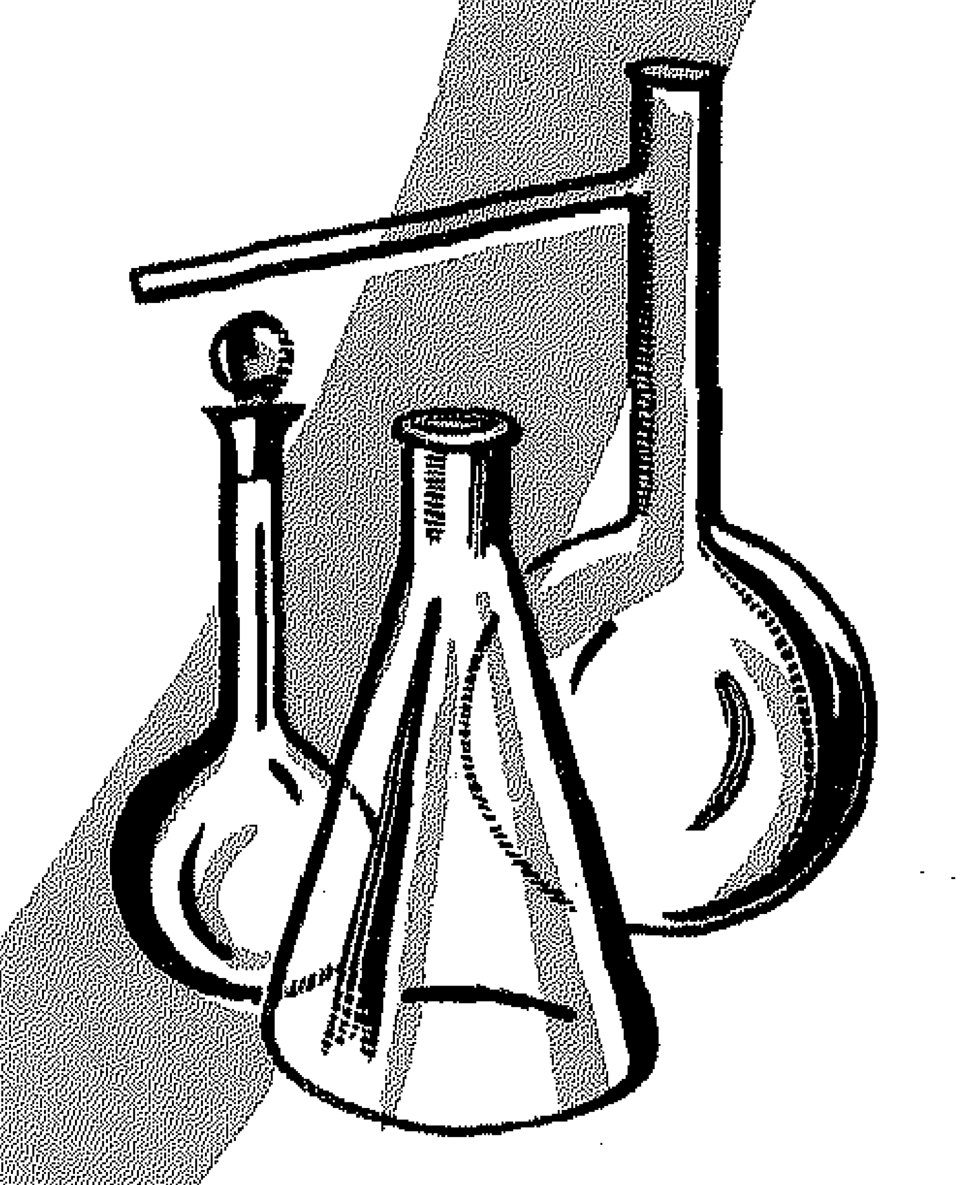
ولا يستطيع أطباؤنا المحافظة على صحتنا ، أو علاجنا من أمراضنا ، دون أن يستخدموا الترمومتر الزجاجى ، أو إبر الحقن تحت الجلد ، أو أنابيب أشعة × . أما علماؤنا فلا يستطيعون الوصول إلى مكتشفاتهم أو اختراع شىء جديد دون استخدام ما لديهم من أجهزة زجاجية ومعدات فى معاملهم ، أو دون استخدام عدسات الزجاج فى المجهر والتلسكوب . والمصورون يستخدمون عدسات الزجاج فى آلات التصوير ، وأجهزة الراديو والتليفزيون تؤدى وظيفتها بمساعدة أنابيب من الزجاج . أما آلات السينما والصور المتحركة فلا يمكن أن تصنع أو تعرض صورها دون استخدام الزجاج .

إن كثيراً من المصانع والمراكز الصناعية ينبغى أن يكون فيها أنابيب من زجاج أو خزانات أو غيرها من الأجهزة والمعدات المصنوعة من الزجاج . وهناك أجهزة زجاجية عازلة تحمى الإنسان والآلات والمعدات من خطر تيار كهربى ومن الحرارة والبرودة والرطوبة . يضاف إلى هذا تلك الألياف الزجاجية الدقيقة التى تقوى مادة البلاستيك ، وهى المادة التى نصنع منها الخوذات الواقية ، أو حقائب السفر ، أو الأثاث ، أو لعب الأطفال ، أو هياكل السفن والسيارات ، أو قطع غيار الطائرات .

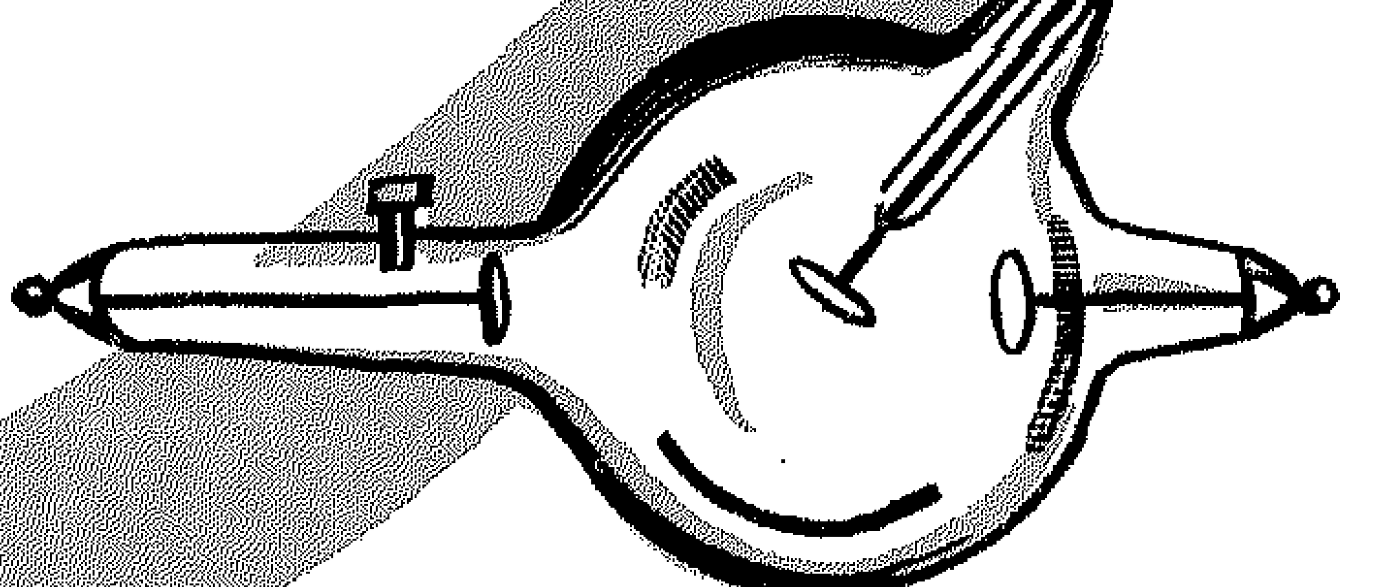
بعض الفوائد الهامة جداً للزجاج



ترمومترات يستخدمها الأطباء ، والعلماء ، ورجال الصناعة ، وكلها مصنوعة من الزجاج .



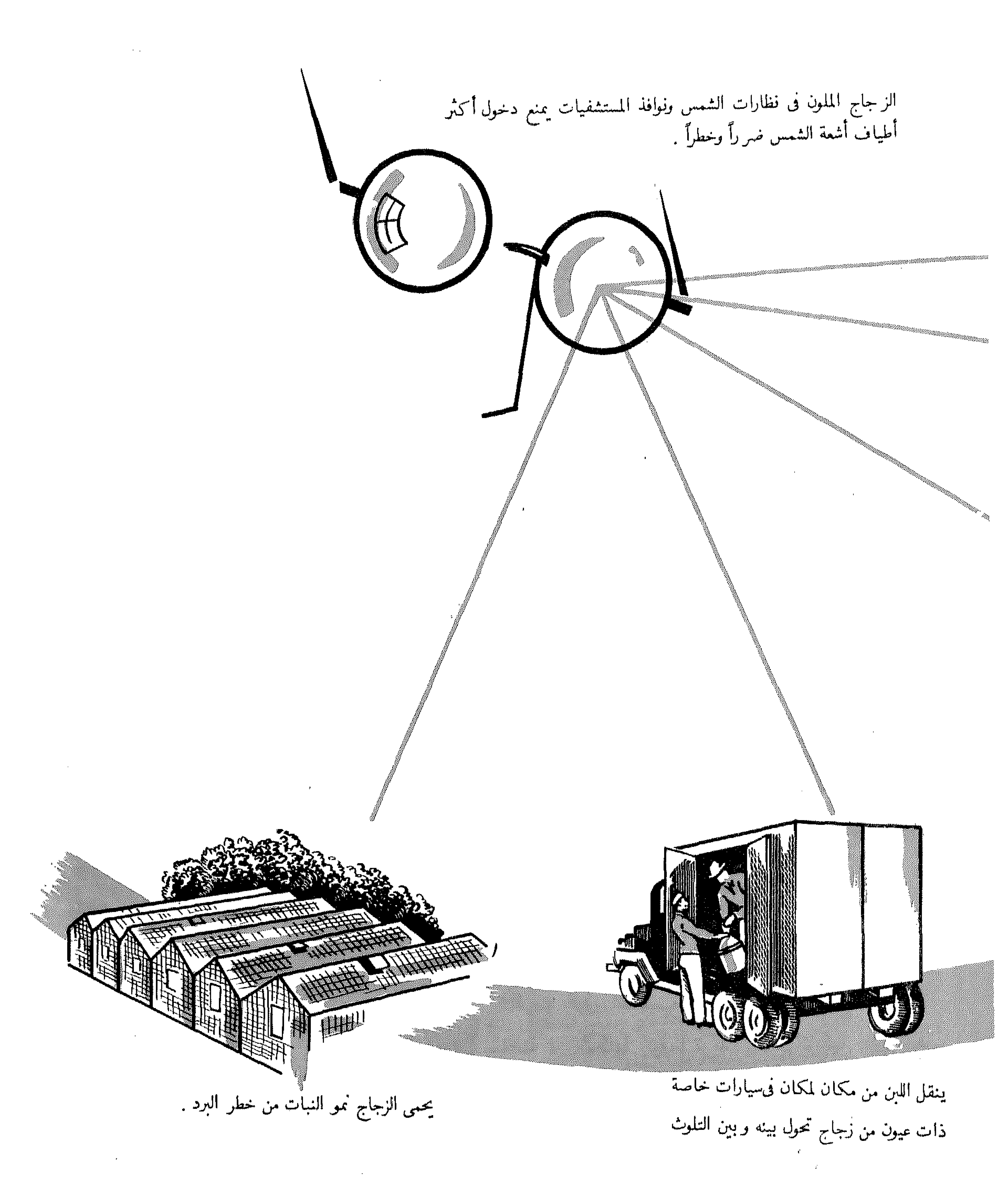
جهاز زجاجي يستخدم فى معامل العلوم وتوضع فيه الأحماض فى أمان . هذه الأجهزة يسهل تعقيمها وتساعد العلماء فى ملاحظة تجاربهم ومتابعة تطوراتها .



أنابيب أشعة X وتستخدم فى المعامل الطبية ومراكز البحوث . وهى مصنوعة من زجاج يسمح بمرور الأشعة غير المرئية التى نسميها أشعة X .



تحفظ الفاكهة والخضر فى « برطمانات » مصنوعة من زجاج .



الزجاج الملون فى نظارات الشمس ونوافذ المستشفيات يمنع دخول أكثر
أطياف أشعة الشمس ضرراً وخطراً .

ينقل اللبن من مكان لمكان فىسيارات خاصة
ذات عيون من زجاج تحول بينه و بين التلوث

يحمى الزجاج نمو النبات من خطر البرد .

لم يعد الزجاج مقصورا على نوع واحد فحسب ، بل أصبح هناك آلاف من أنواع الزجاج ، وأصبح كل نوع خاص من هذه الأنواع يصنع وفقاً لتركيب معين أو لوصفة خاصة أو قاعدة موضوعة أتقن صنعها ووصلت إلى حد الإتقان والكمال بعد سنين متعددة من العمل الشاق على أيدى العلماء فى جميع أنحاء العالم .

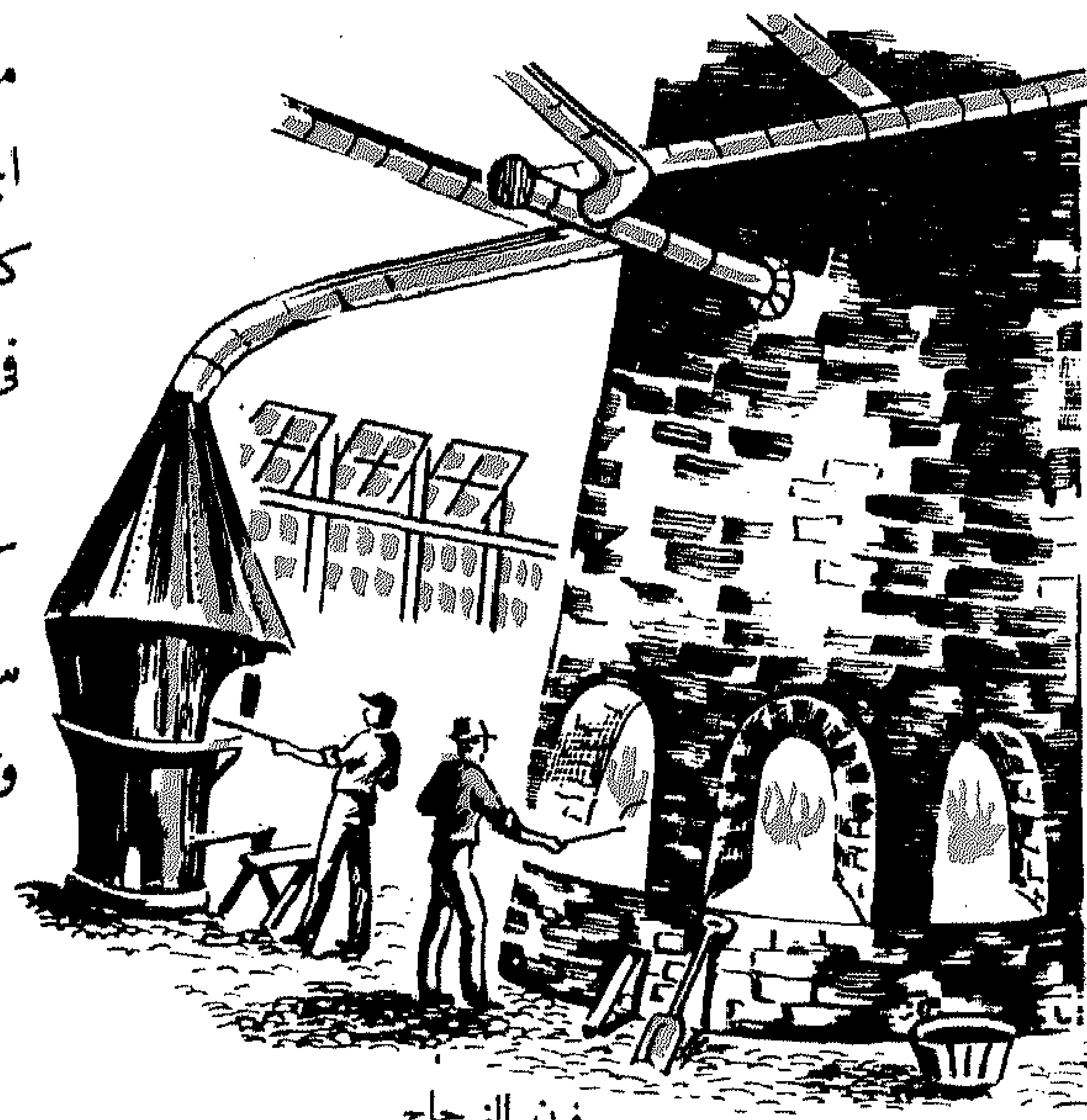
ولكن هؤلاء العلماء ليسوا سوى مجموعة واحدة من جمهرة الناس الذين كان لهم دور إيجابى فى قصة الزجاج هذه — وهى القصة التى يحتمل أن تكون قد بدأت فى آسيا منذ ١٠,٠٠٠ سنة تقريباً . ولا يستطيع أحد أن يجزم بالقول عن أول من صنع الزجاج ، أين عاش هؤلاء ومتى . وكل ما نعرفه هو أن الزجاج مادة من أقدم المواد التى استخدمها الإنسان وصنعها فى العالم .

كيف نصنع الزجاج ؟

إننا نكاد اليوم نستخدم فى صنع الزجاج نفس الطريقة القاعدية التى كان يستخدمها الناس منذ آلاف السنين . وإليك وصفة قديمة للزجاج .

خذ كمية من الرمل الأبيض الناعم . اخلطه بقليل من المادة الكيموية المسماة أكسيد الكالسيوم ، أو الجير ، أو بقليل من المادة الكيموية التى نسميها ، كربونات الصوديوم ، أو الصودا . سخن هذا المخلوط ، فى فرن حتى ينصهر ، أو يذوب .

اغمس القضيب فى هذا الزجاج الذائب وارفع كتلة منه فوق القضيب . وبينما تكون هذه الكتلة لينة ساخنة ، شكلها كيفما تريد . ثم اتركها حتى تبرد وتجمد .


فرن الزجاج



مواطن السيليكا

إن السيليكا هى العنصر الرئيسى فى تركيب الزجاج . والسيليكا اسم آخر للرمل الأبيض الناعم . إن ذرة من ذرات هذا الرمل هى عبارة عن قطعة رقيقة من معدن يسمى بلورات الكوارتز . ومعظم الرمل العادى عبارة عن خليط من ذرات بلورات الكوارتز وحبات من معادن أخرى . هذا الخليط يصنع نوعًا رديئًا رخيصًا من الزجاج يميل لونه إلى الاخضرار ، وكان معظم الزجاج قديمًا من هذا الطراز الأخضر أو كان داكنًا غامقًا لأن صناع الزجاج فى هذا الزمان كانوا يستخدمون السيليكا التى تحتوى على مركبات الحديد أو غيرها من الشوائب .

إن التخلص من هذه الشوائب التى يحتويها الرمل العادى أمر سهل ميسور ، غير أن صانع الزجاج يفضل دائمًا أن يبدأ عمله برمل نقى مباشرة ، أو أن يستخدم السيليكا التى لا شائبة فيها . ولهذا السبب نرى أن معظم مصانع الزجاج قد بنيت بالقرب من مواطن استخراج السيليكا فى نيويورك ، أو نيوجيرسى ، أو بنسلفانيا ، أو أوهايو ، أو اللينوى أو ميسورى .

ويضيف صانع الزجاج أحيانًا الصودا إلى السيليكا لأنها تساعد السيليكا على سرعة الذوبان . وأحيانًا أخرى يضيف إلى الرمل والصودا قطعًا من الزجاج المكسور . إن الزجاج المكسور يذوب سريعًا فيعود إلى سائل ، وهذا السائل بدوره يساعد السيليكا على الذوبان السريع . هذا الزجاج المكسور يسمى مسحوق الزجاج . ولدى مصانع الزجاج منه دائمًا أكوام وأكوام تستخدمه وقتما تشاء .

ولا يزال الجير أيضًا يستخدم فى بعض الأحيان فى صناعة بعض أنواع الزجاج. غير أن بعض أنواع الزجاج التى ننتجها اليوم لا تتطلب ضرورة إدخال الجير فى تركيبها

ويصنع كل نوع من أنواع الزجاج الحديث بإضافة عناصر معينة إلى مخلوط الزجاج او العجينة . فالذهب مثلا يضاف إلى هذه العجينة ليعطى الزجاج لونًا أحمر . والرصاص هو وأشياء أخرى يضاف إلى السيليكا لنحصل على زجاج رائق جدًّا وشفاف .

وإذا أضفنا مواد أخرى إلى السيليكا حصلنا على الزجاج الذى يقاوم الحرارة ، أو على زجاج آخر يستخدم فى أغراض معينة .

والسيليكا لا تنصهر ولا تذوب إلا إذا وصلت إلى درجة حرارتها ٢٦٠٠°. درجة الحرارة هذه تعادل ثمانية أمثال درجة الحرارة اللازمة لخبز كعكة فى فرن . وهناك أنواع أخرى من الزجاج يحتاج تجهيزها إلى درجة حرارة أعلى من هذه الدرجة ، ولذلك وجب أن تكون نار الفرن الذى تصنع فيه الزجاج ثابتة وعالية جدًّا . وقد استخدم صناع الزجاج فى بداية الأمر الخشب وقوداً لأفرانهم . ثم استخدموا الفحم بدلاً من الخشب بعد ذلك ، ثم استبدلوا الغاز بالفحم فيما بعد . وتستخدم معظم أفران الزجاج اليوم الغاز أو البترول .

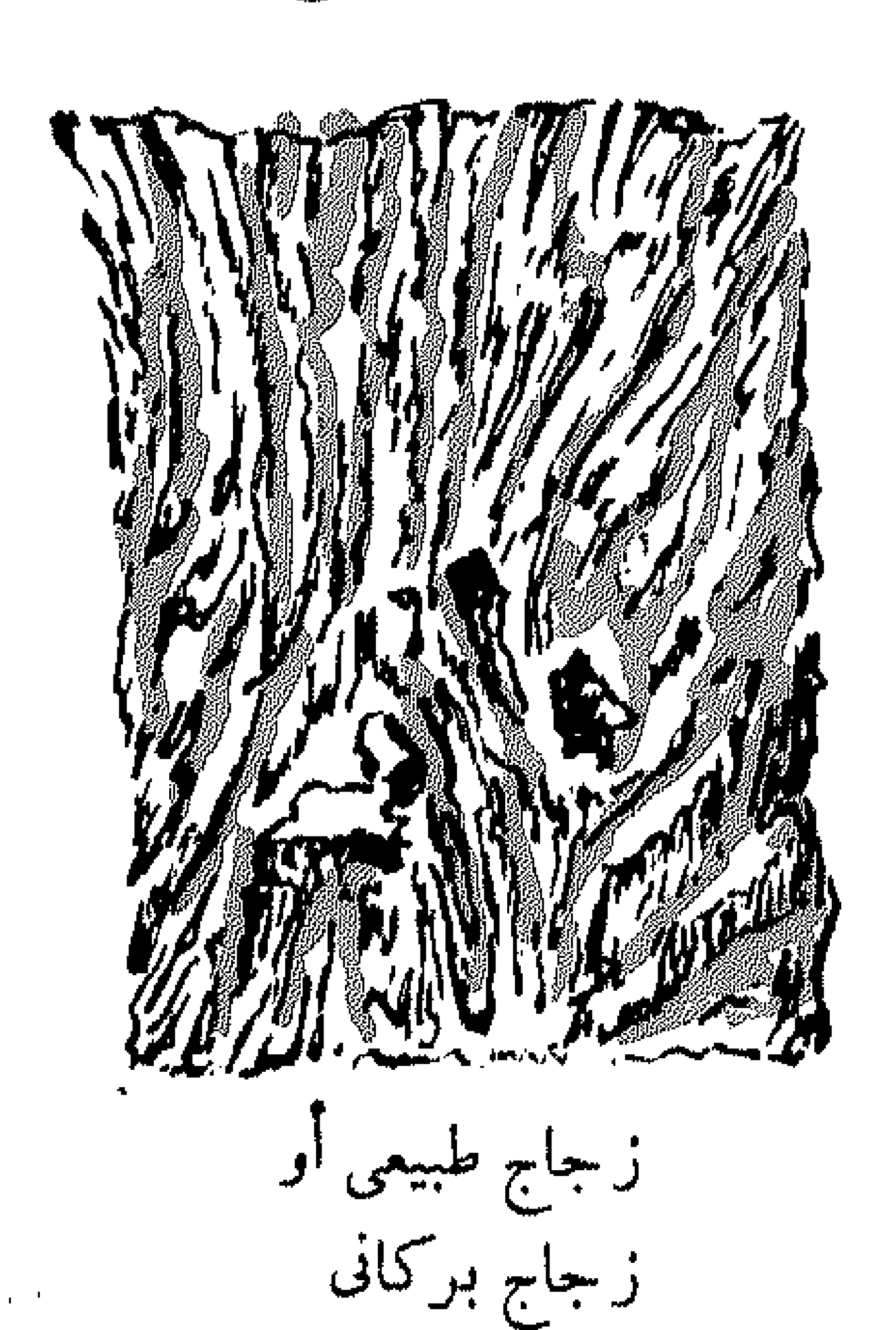
والوعاء الذى تخبز فيه عجينة الزجاج ينبغى أن يصنع من مادة طينية تقاوم النار فلا تتشقق ولا تذوب أو تنصهر فى درجات الحرارة العالية . ويحدث فى بعض الأحيان أن يغطى فرن الزجاج من الداخل بهذا الطين ، وبذلك يمكن استخدام الفرن كله كإناء واحد ضخم يحتوى على عجينة كبيرة جدًّا للزجاج. وهذا الطين قد يتشكل أحيانًا ويتحول إلى وعاء صغير ، أو بوتقة توضع فيها كمية صغيرة من عجينة الزجاج .

فإذا ترك الزجاج — بعد صنعه — ليبرد سريعًا — أصبح هشًّا سهل الكسر . ولذلك نرى أن صانع الزجاج يضع الزجاج بعد صنعه فى فرن خاص بهذا الغرض يسمى « لهــر » . هذا الفرن يسخن قبل وضع الزجاج فيه ثم يبرد بطيئا حتى يبرد الزجاج الذى بداخله بطيئا أيضًا . وعملية التبريد هذه يطلق عليها عملية حمو الزجاج . ويسمى فرن « لهــر » هذا أحيانًا فرن حمو الزجاج .



والطبيعة بدورها تصنع الزجاج

عند ما تسخن السيليكا وترتفع حرارتها إلى درجة عالية فإنها تنصهر وتصبح زجاجاً . وتستطيع الحرارة الصاعدة من بركان ثائر أن تصهر السيليكا وتحولها إلى زجاج . كذلك عندما تلمس شرارات البرق الكهربية رمال الأرض فإنها قد تكون قضباناً طويلة من الزجاج. أما إذا لمس البرق سطح الأرض فإنه قد يكوّن طبقة زجاجية براقة تخطف الأبصار فوق سطح الرمال .

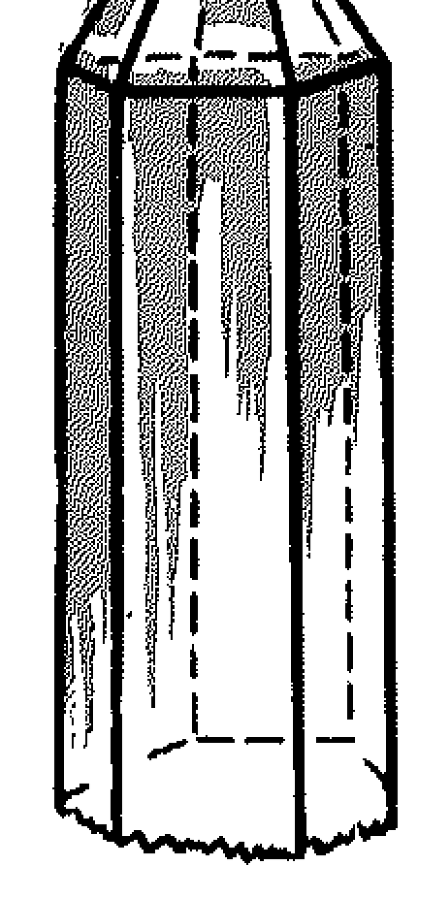


زجاج طبيعي أو
زجاج بركاني

وعند ما فجرت القنبلة الذرية لأول مرة فى صحراء لوس ألاموس بولاية نيوميكسيكو عام ١٩٤٥ حولت حرارة الانفجار طبقة الرمل العليا إلى طلاء رقيق براق من الزجاج .

وهناك أنواع كثيرة من الزجاج الطبيعي ، ذلك لأن السيليكا غالباً ما تمتزج بمواد أخرى : فكل مزيج من هذه ينتج نوعاً مختلفاً من الزجاج عند ما يذوب .

وإليك أمثلة قليلة من الزجاج الطبيعي . السبج « الزجاج البركانى » ، واليشب « هو حجر نفيس أحمر أو أصفر أو أسمر » ، صخور الكوارتس المنشورية ، الجمشت « وهو حجر كريم أحمر مشرب بزرقة » ، والعقيق ، والعقيق اليمانى .



كوارتز

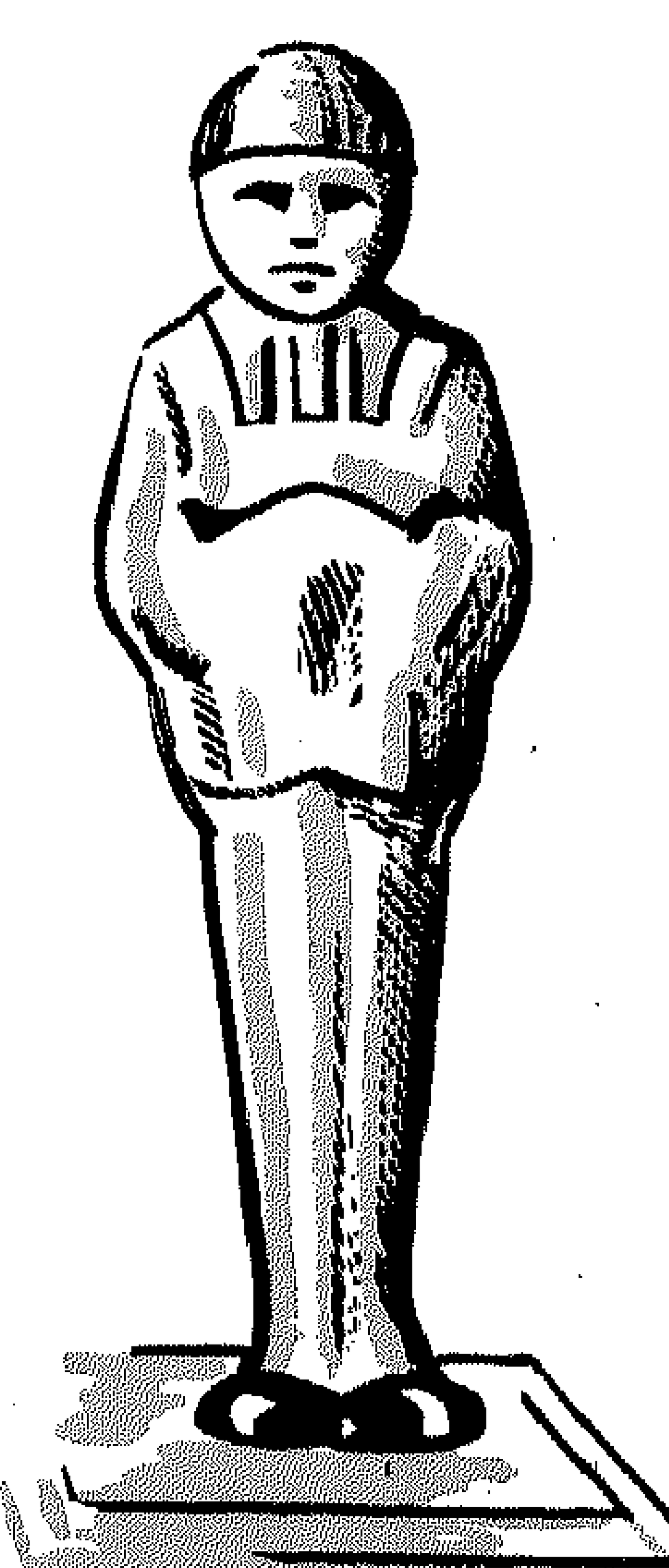
الزجاج البركانى الجمشت والعقيق والعقيق اليمانى واليشب كلها أشكال من الكوارتز



زجاج تشكله يد الصانع

كان قدماء المصريين أمهر من صنع الزجاج فى العصر القديم . فلقد تعلموا منذ ٣٥٠٠ سنة كيف يصنعون الزجاج فى ألوان جميلة جذابة ، كما اخترع أحد ملوك قدماء المصريين طيفاً من أطياف اللون الأزرق ، لأنه كان يعجب بالزجاج أيما إعجاب لدرجة أنه تعلم كيف يصنعه هو بنفسه .

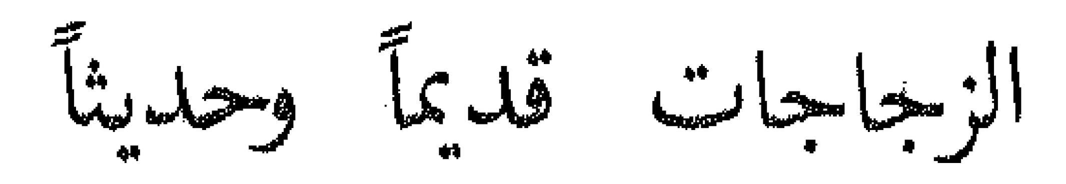
ولكن صناع الزجاج المصريين القدماء كانوا يجهلون عملية نفخ الزجاج . ولذلك كانوا يشكلون الزجاج وهو ساخن لين أشبه ما يكون بالعجينة أو الملاط . فكانوا يصنعون تماثيل صغيرة من الزجاج للإنسان والحيوان ، كما كانوا يصنعون العقود والحلى من الزجاج فى مختلف صورها وأشكالها . كانوا أيضا يلفون خيوطاً من الزجاج اللين الساخن حول نموذج صغير على شكل قلب مصنوع من الرمل الجامد مرة ثم يسخنون الزجاج مرة ثانية حتى تتماسك تلك الخيوط بعضها مع بعض ثم يكسرون الرمل فيحصلون بذلك على إبريق أو زجاجة مفرغة من الزجاج .



وكان تشكيل الزجاج عملية بطيئة صعبة ، ولذلك فإن عقداً واحداً من الزجاج كان يساوى فى قيمته عقداً آخر من المجوهرات النادرة . وكانت ملكات المصريين يضعن حبات من الزجاج فى عقودهن المصنوعة من الذهب الخالص . وكانت الملكات والسيدات من ذوات الثراء الواسع وحدهن هن القادرات على امتلاك زجاجات مصنوعة من خيوط الزجاج . فكن يضعن روائحهن وعطورهن وأدهنتهن الغالية فى تلك الزجاجات ، أو كن يضعن هذه الآنية فى أحزمتهن تتدلى منها زينة لها .

ولا يزال قليل من الفنانين حتى اليوم يصنعون الزجاج بأيديهم . غير أن الزجاج المصنوع باليد لا يزال يستغرق زمناً طويلاً ويتطلب مهارة كبيرة ، ولذلك فهو نادر الوجود غالى الثمن .

الزجاجات قديماً وحديثاً



زجاجة من زجاج منحوت صنعت فى إنجلترا في القرن الثانى عشر (حوالى عام ١٧٠٠ م) .

قنينة شراب من البندقية .

زجاجة دواء فى أوائل القرن العشرين . كانت الزجاجات لا تزال غالية الثمن ، ولذا كان الناس يستخدمونها مراراً وتكراراً .

إبريق نبيذ رومانية .

زجاجة أمريكية قديمة العهد .

زجاجة عطور مصرية .

قنينة من زجاج حديث الصنع .

أول من نفخ الزجاج

لا يعرف أحد على وجه التحديد كيف بدأت عملية نفخ الزجاج ، ولكنه من المحتمل أن تكون قد حدثت على الوجه التالى :

فقد حدث ذات يوم ، ويحتمل أن يكون ذلك اليوم منذ ٢٢٠٠ سنة خلت ، أن كان أحد صانعى الزجاج يقلب عجينة زجاج ساخنة بقضيب أجوف . وعندما رفع القضيب وأبعده عن العجينة التصقت كتلة من عجينة الزجاج بطرف القضيب . ويحتمل هنا أن يكون الرجل قد حاول أن ينفخ القضيب ليبعد قطعة العجينة هذه عن طرفه . كما يحتمل أيضاً أن يكون قد حاول تبريدها بسرعة عن طريق نفخها ، وبذلك يستطيع أن يكسرها فيتخلص منها . ومهما كانت الاحتمالات والأسباب ، فالثابت أنه قد نفخ فعلاً فى طرف الأنبوبة الآخر .

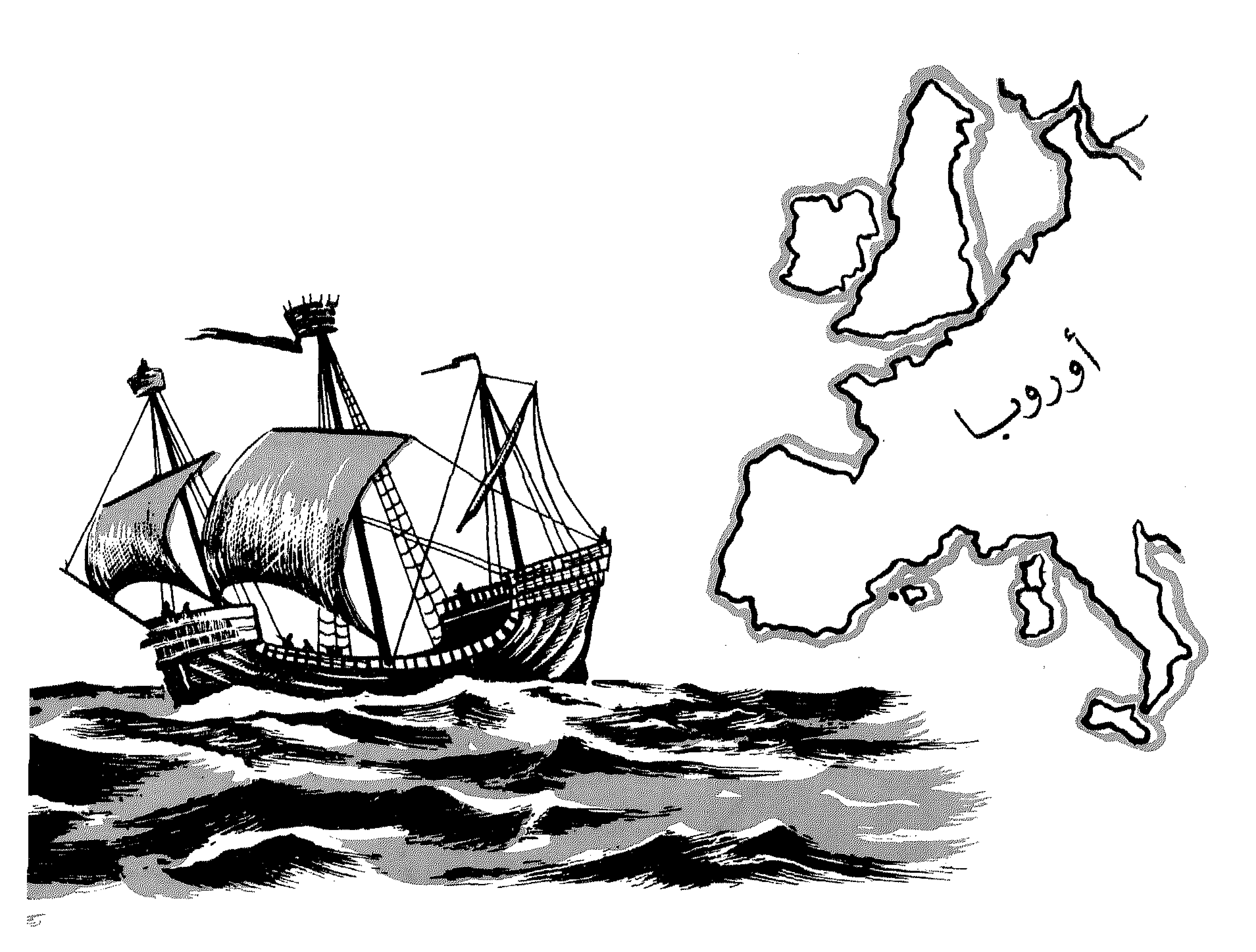
لو أنك جربت نفخ فقاعات الصابون لتخيلت



ما حدث فعلاً . وهذا الذى حدث هو أن عجينة الزجاج قد انتفخت وتحولت إلى فقاعة مستديرة جوفاء . فكأن صانع الزجاج هذا قد اكتشف طريقة نفخ الزجاج . أى إنه استطاع أن يغير تاريخ الزجاج كلية.

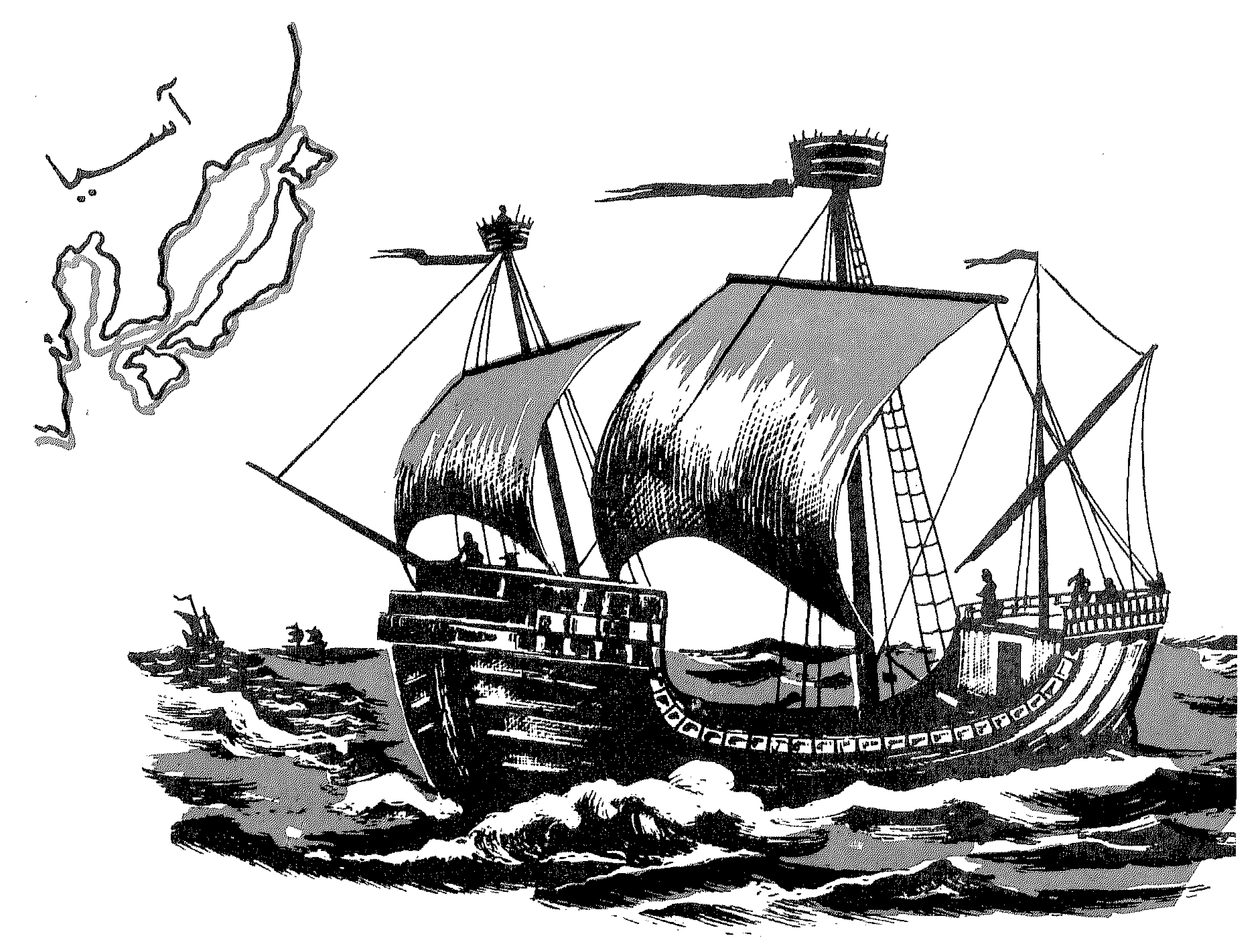
هذا الحدث الهام يحتمل أن يكون قد وقع فى سوريا ، موطن الفنيقيين الذين يعتبرون من أمهر من صنع الزجاج ومن أشهرهم .

انتشر خبر هذا الاختراع ، وسرعان ما بدأ صانعو الزجاج من غير هؤلاء ينفخون الزجاج . أخذوا ينفخون الزجاج فيتحول إلى فقاعات ، ثم أخذوا يقطعون هذه الفقاعات من طرف القضيب بمقص ويصنعون أباريق مستديرة . ثم بدأوا يشدون هذه الفقاعات أو يضغطونها أو يفتلونها فيشكلون إبريقاً أو زجاجة أو كوباً فى صور مختلفة متعددة . ثم بدأوا بعد ذلك يضعون فقاعة داخل قالب معين وينفخونها حتى تلامس جدران هذا القالب من جميع نواحيه فتتشكل فى صورته الداخلة تماماً . واستطاع هؤلاء أيضاً أن يدركوا أنه فى مقدورهم أن ينفخوا الزجاج بأسرع مما يشكلونه ، ولذا استطاعوا أيضاً أن يبيعوا الزجاج بسعر أرخص من أسعاره قبل ذلك .



الزجاج مفيد وجميل فى وقت واحد

وعرف الناس أن الزجاج مفيد كما أنه جميل ، فقد وجدوا — مثلا — أن إبريق زجاج أفضل من إبريق مصنوع من الطين أو الخشب ، ذلك لأن الزجاج لا يتآكل ولا يتعفن كالخشب ، كما أنه لا يبلى . أما الحشرات فلا تستطيع أن تحفر فيه حفراً ، أو تقرضه قطعاً قطعاً . إنه يحتفظ بشكله ولونه حتى ولو تعرض للعوامل الجوية سنوات طويلة . إنه يحفظ السوائل دون أن يتسرب منها شىء . والزجاج عديم الطعم ، ولذلك فإنه لا يغير من طعم الأشياء التى توضع فيه . فاللبن الذى يوضع فى إناء معدنى قد يأخذ طعم المعدن ؛ أما اللبن الذى يحفظ فى إبريق من زجاج فلا يكون له طعم سوى طعم اللبن . هذا فضلاً عن أن الزجاج لا يمتص طعم السائل الذى يحتوى أو لونه . أو رائحته .



فإذا وضعنا زيتًا فى إبريق من زجاج وتركناه فيه شهورًا متعددة ، أمكننا أن نغسل الإناء بعد تفريغ الزيت منه ، ثم نضع فيه لبنًا دون أن يتأثر بطعم الزيت ، لن يكون هناك أى طعم للزيت ولا أى لون أو أية رائحة يتركها الزيت فيتأثر بها اللبن .

ولما أدرك الناس فائدة الزجاج تهافتوا على شرائه ، ولم يأت عام ١٠٠ ق. م حتى كان صناع الزجاج فى شغل شاغل ، وعلى الأخص فى مصر وسوريا وفى غيرهما من البلاد المجاورة لهما . وأخذت السفن التجارية تحمل سلعهم وإنتاجهم عبر البحار إلى أقاصى الأرض .

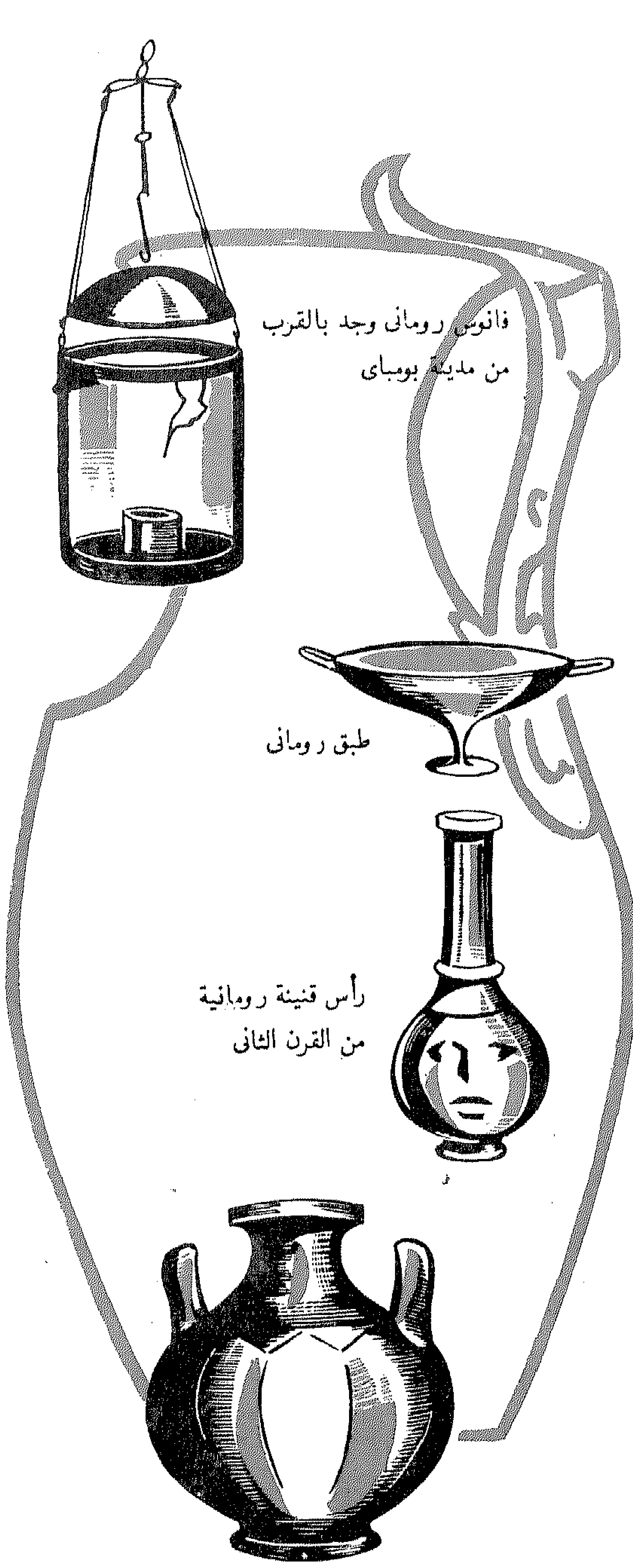
ومن ثم تحول عمل الزجاج إلى صناعة هامة فى العالم القديم بعد أن كان دائمًا فنًّا من الفنون .

العصر الذهبي الأول للزجاج

انتقل مركز هذه الصناعة الجديدة — صناعة الزجاج — إلى روما فى القرن الأول ، ذلك لأن روما استولت على مصر وسوريا . ولما كانت صناعة الزجاج قد أصبحت فى ذلك العصر مجزية تدر ربحًا كبيراً ، فقد اضطرت روما صناع الزجاج إلى الهجرة إليها . فأقام صناع الزجاج من المصريين والسوريين أفرانهم فى روما وبدأوا يعلمون الرومان صناعة الزجاج .

وأوفدت روما صانعى الزجاج إلى جميع بقاع إمبراطوريتها المترامية الأطراف — وكانت تمتد جنوبًا إلى أفريقيا ، وشرقًا إلى آسيا وشمالاً إلى أوربا . ورغم ذلك فقد ظلت روما تنتج خير الزجاج صنعًا وأكثره وفرة فى الإنتاج مدة ثلاثة قرون . وتعتبر هذه الفترة العصر الذهبي الأول للزجاج . ومعنى هذا أن أفضل أنواع الزجاج التى عرفها الإنسان فى ذلك العهد وأكثره بهاء وجمالا كان يصنع فى تلك الحقبة من الزمان .

واستخدمت الزوجات الرومانيات أطباق الزجاج وآنية الزجاج ، كما استخدم تجار الرومان أباريق وأوعية زجاجية يحفظون فيها سلعهم وبضائعهم واستعمل الصيادلة زجاجات (من زجاج) . ولبس الرجال ولبست النساء أزراراً من الزجاج ، كما لبسوا حليًا متعددة من الزجاج .



فانوس رومانى وجد بالقرب من مدينة بومباى

طبق رومانى

رأس قنينة رومانية من القرن الثانى

وعاء زجاجى يحفظ رماد الموتى

كان الروم يحرقون جثث موتاهم ثم يضعون رمادها فى وعاء خاص (انظر الشكل الأسفل على الصفحة السابقة) .

واستخدمت روما الزجاج فى تجارتها مع غيرها من البلاد فأصبحت دولة غنية وقوية . ولكن عند ما اكتسح البرابرة روما وهاجمتها جحافل قبائلها فى الشمال ، انهارت صناعة الزجاج كما انهارت روما نفسها ، ذلك لأن هؤلاء البرابرة ما كانوا يهتمون بالزجاج أو يعيرونه أهمية . كانوا يظنون أن الزجاج سهل الكسر عديم النفع .

واستمرت فئة قليلة من صناع الزجاج فى عملها عبر البحر المتوسط . أما فى بقية أصقاع الأرض فقد نسى الناس أو كادوا ينسون صناعة الزجاج مئات السنين .

العصر الذهبى الثانى للزجاج

بدأ العصر الذهبى الثانى للزجاج – وهو العصر الذى استمر ثلاثمائة عام تقريباً – فى حوالى عام ١٢٠٠ ، فى مدينة البندقية الغنية الجميلة . بدأت البندقية صناعة الزجاج كما بدأتها روما ، وذلك حين استقدمت صناع الزجاج من بلاد أخرى عبر البحر المتوسط . كانت تمدهم بالوقود من غاباتها ، وكانت تمدهم بالرمل الجيد من جزرها التى تقوم عليها مدينة البندقية ذاتها . وكانت تشجع خير مواطنيها من الشباب على أن يتعلموا من هؤلاء الوافدين صناعة الزجاج .

وسرعان ما أنتجت البندقية أفضل أنواع الزجاج التى عرفها العالم . لم يكن الناس يشترون الزجاج لأنه مفيد ، بل لأنه كان جميلاً . ولذا كانوا يدفعون ثمنه غالياً فأتخمت خزائن البندقية بالذهب والمال .



وتستطيع أن تشاهد اليوم فى بعض المتاحف أمثلة لما أنتجه الفنانون فى البندقية من الزجاج . كانوا ينفخون الزجاج فيشكلونه أشكالاً فى غاية الروعة والجمال . وكانوا فى بعض الأحيان يطلونه بطبقة من المينا اللامعة أو الذهب البراق ، أو يرسمون على سطحه صوراً وأشكالاً بخيوط من الزجاج الساخن ، مثلهم فى ذلك مثل صانع الحلوى الذى يزين وجه الكعكة (التورتة) بأشكال وصور من سكّر ملون . وفى أحيان أخرى كانوا يصنعون قوالب فى شكل حيوان خرافى (كالتنين مثلا) أو حصان وثاب ، ثم يستخدمونها مقبضًا لإناء أو ساقا لكأس أو قدح . ومن أبدع أنواع التجميل وأكثرها شيوعًا وانتشاراً ذلك الذى كانوا يطلقون عليه اسم « ملفيورى » ومعناه ألف زهرة . كان صانع الزجاج يمسك باقة من قضبان الزجاج الملونة ويضعها فى النار حتى تنصهر فى قضيب واحد ثم بعد ذلك يقطع منه شرائح ويصهرها على سطح من الزجاج ، وعندئذ تتكون من هذه الشرائح المنصهرة عناقيد من نقط ملونة صغيرة الحجم يخيل لمن يراها أنها باقات من الأزهار الصغيرة.

وكان أهل البندقية يلونون الزجاج ألوانًا جميلة من الأحمر والأزرق والأخضر والعنبرى والبنى ، ولكن أشهر الزجاج الذى كانوا ينتجونه كان عديم اللون . لقد حاول الرومان إنتاج الزجاج غير الملون ، ولكنهم لم يستطيعوا أن يخلصوا السيليكا من كل الشوائب التى تحتويها ، ولذلك كان فى زجاجهم دائمًا أثر ولو ضعيف من هذا اللون أو ذاك . أى إن أهل البندقية كانوا أول من صنع الزجاج الشفاف الرائق

وكانت البندقية تغار على أسرارها فى صناعة الزجاج وتحميها حتى لا تتسرب إلى الدول الأخرى .

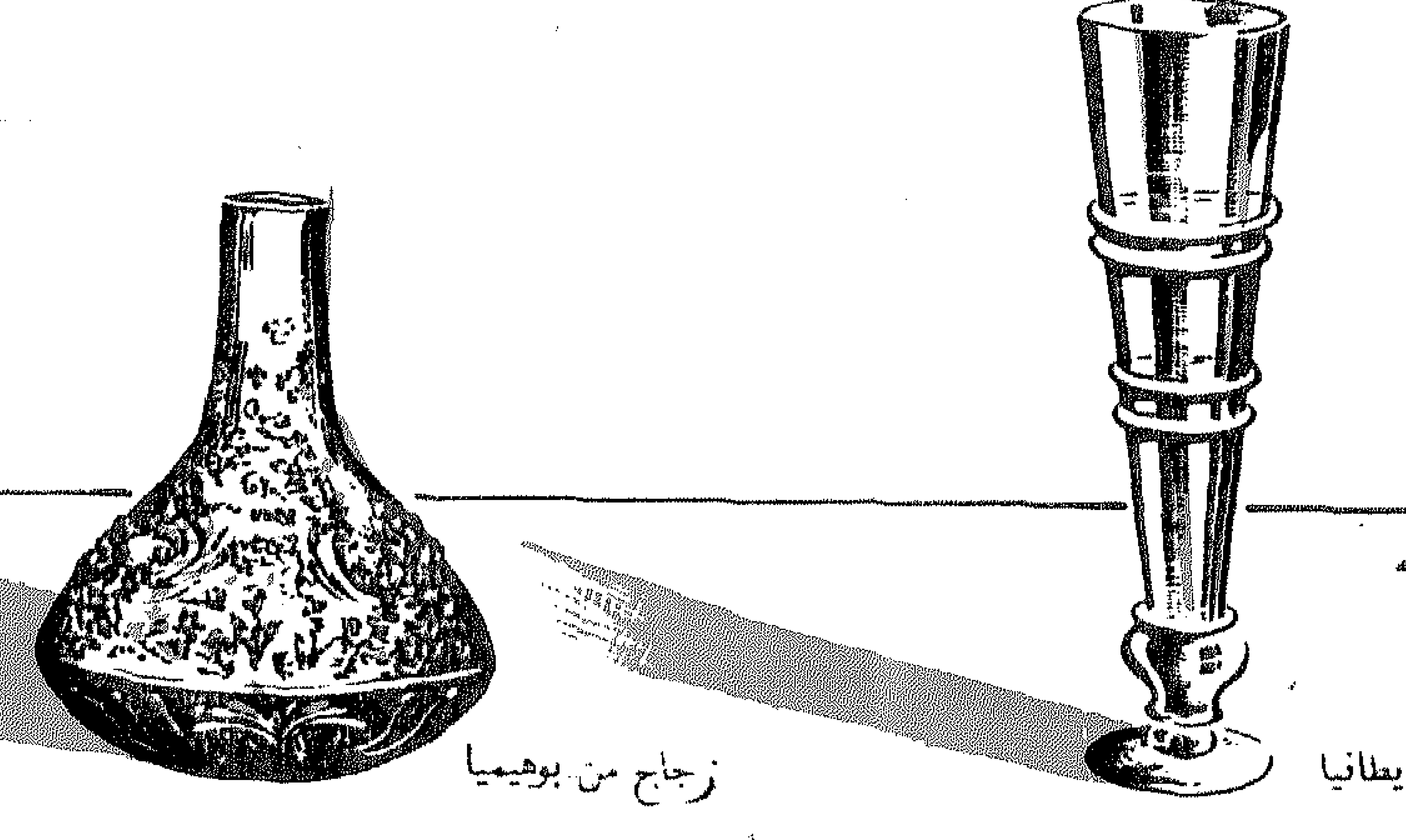


زجاج البندقية

ولذا كانت ترغم صناع الزجاج جميعاً أن يعيشوا ويعملوا فى جزيرة صغيرة كفلت لها الوقاية الكاملة من عيون الجواسيس . فإذا حاول أجنبي أن يقترب بجندوله من هذه الجزيرة ، أوقفه الحراس واستجوبوه عن وجهته . وإذا حاول أحد أهل البندقية من صناع الزجاج أن يهاجر منها ليعمل فى مكان آخر ، أو إذا حاول أن يبيع أو يفشى سراً من الأسرار التى يعلمها عن صنع الزجاج ، يقضى عليه رجال الشرطة كأنه خائن للوطن .

ولكن حتى رجال الشرطة السريين فى البندقية لم يتمكنوا من الحيلولة دون انتشار معرفة صناعة الزجاج تدريجياً وتسربها إلى بلاد أخرى ، فسرعان ما أنشئت بيوت الزجاج – ومعناها الأماكن التى يصنع فيها الزجاج – فى فرنسا وإسبانيا وإنجلترا وألمانيا وهولندا وبوهيميا . وكان الملك فى كل دولة من هذه الدول ، أو عدد قليل من الأمراء والنبلاء ؛ هم الذى يملكون صناعة الزجاج أو يتحكمون فيها فى بلادهم ، ولذا كانت معظم الأرباح تذهب إلى الخزائن الملكية .

واستطاعت بعض مصانع الزجاج الجديدة أن تخترع وسائلها الخاصة فى التجميل والديكور والألوان . فصانع بوهيميا – مثلا – اخترعت طيفاً جديداً من أطياف اللون الأحمر فى الزجاج ، كما كانت تحفر رسوماً فى الزجاج باستخدام قطع صغيرة من الماس المحبب دقيق الصنع . أما مصانع الزجاج فى إنجلترا فقد كانت تنتج زجاجاً بلغ من جماله حداً أصبحت به مركزاً لصناعة الزجاج فى العالم من عام ١٧٠٠ إلى عام ١٨٠٠ .



زجاج من بريطانيا

زجاج من بوهيميا

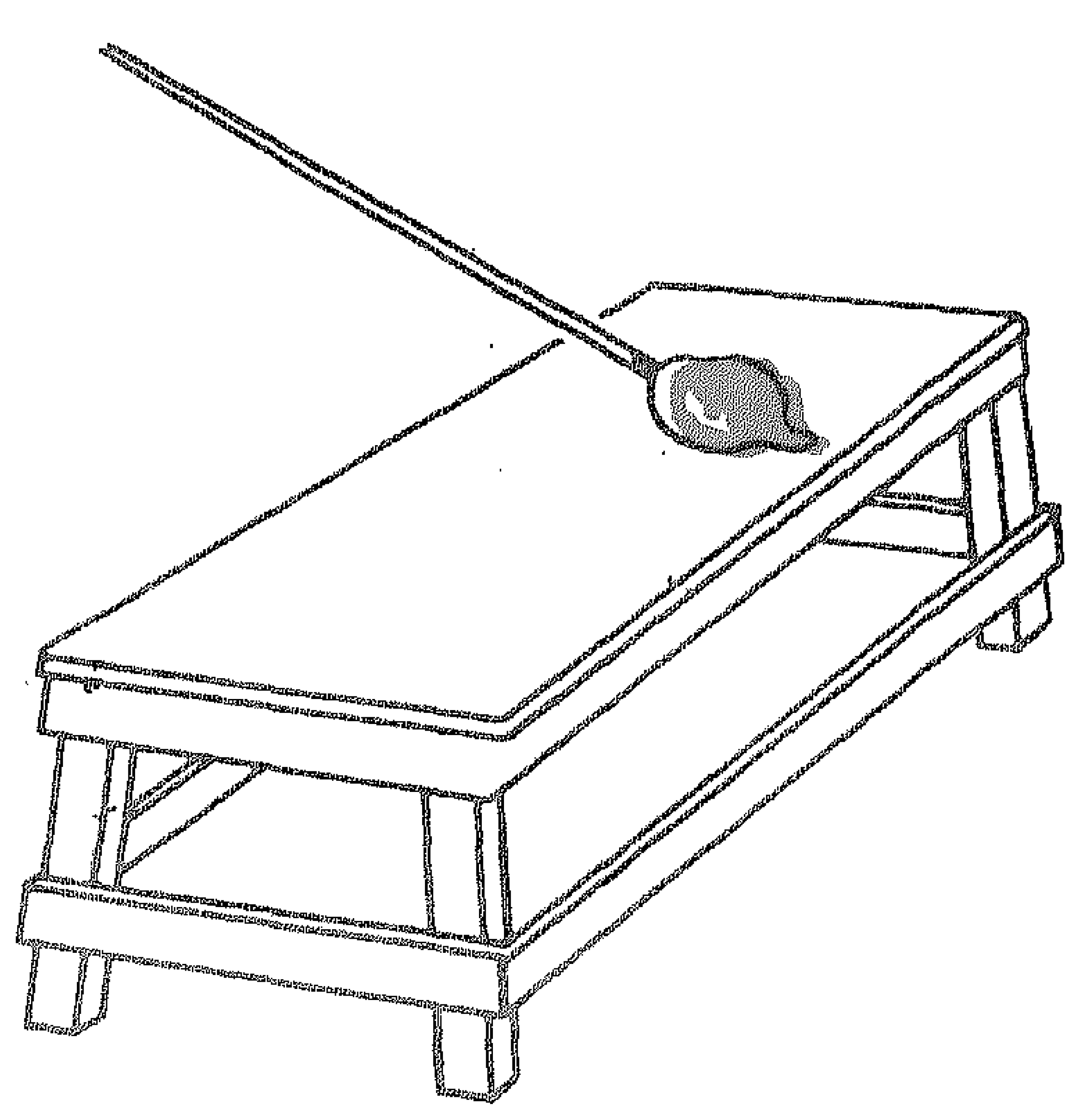
إنه يغمس أنبوبة النفخ فى المعدن ثم يرفعها
عنه وهى تحمل فى طرفها كتلة من هذا المعدن .

صنع الزجاج باليد واستعمال النفخ

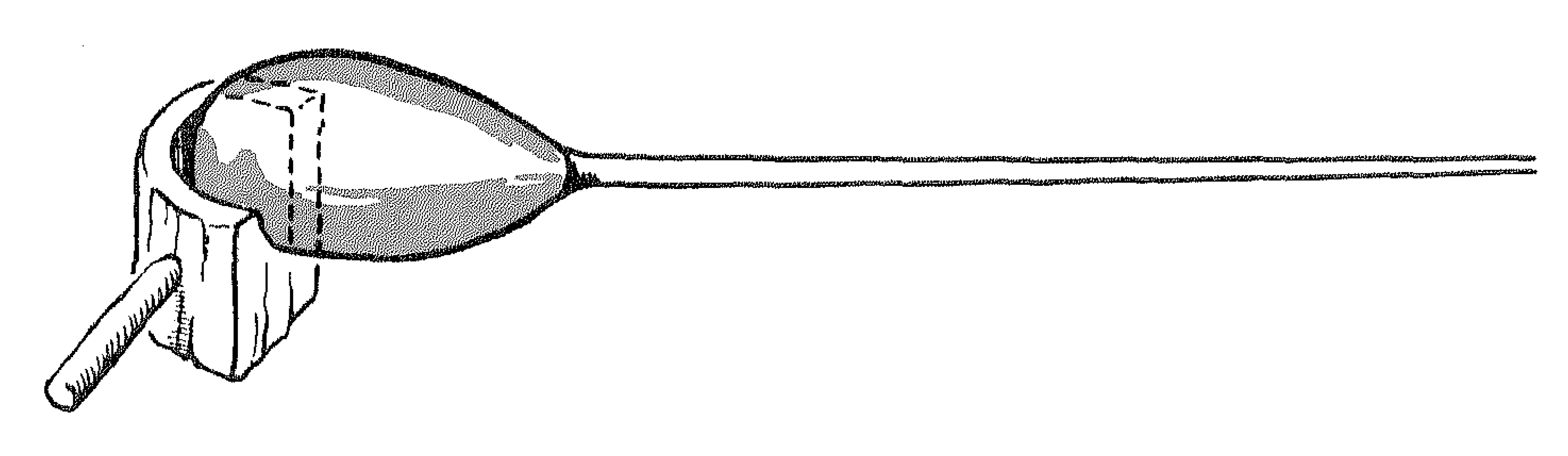
يستخدم الإنسان فى عمل الزجاج اليوم نفس الأدوات ونفس الطرق التى كان يستخدمها نافخو الزجاج فى العصور القديمة . إنه يجلس على مقعد يشبه تماماً ذلك المقعد الذى كان يجلس عليه صانع الزجاج قديماً . إن مساعديه يطلقون عليه اسم رئيس العمال أو « جافر » . « وجافر » هذه كلمة إنجليزية قديمة معناها جَدّ . وهؤلاء المساعدون كانوا يلاحظونه أثناء العمل ملاحظة دقيقة ، لأنهم كانوا يأملون أن يصبحوا فى مثل مركزه يوماً ما .

لنفرض مثلا أن رئيس العمال هذا قد صمم أن يصنع إبريقاً . فى هذه الحالة يكون أمامه رسم تخطيطى لهذا الإبريق يثبته فوق جدار بالقرب من مقعده . إنه يستخدم زجاجاً صافياً عديم اللون ، وفى الحجرة التى يشتغل فيها كان هناك فرن صغير يحتوى على زجاج مذاب ، يسميه هو المعدن .

كان مساعده أولاً يغمس قضيباً طويلاً مجوفاً ، أو أنبوبة تسمى أنبوبة النفخ فى هذا المعدن ثم يرفعها حاملة كتلة من هذا المعدن المذاب فى طرفها ، ثم كان يحرك هذه الكتلة أماماً وخلفاً على سطح مستو من



إنه يلف كتلة الزجاج أماماً وخلفاً فوق
منضدة لها سطح مستو .

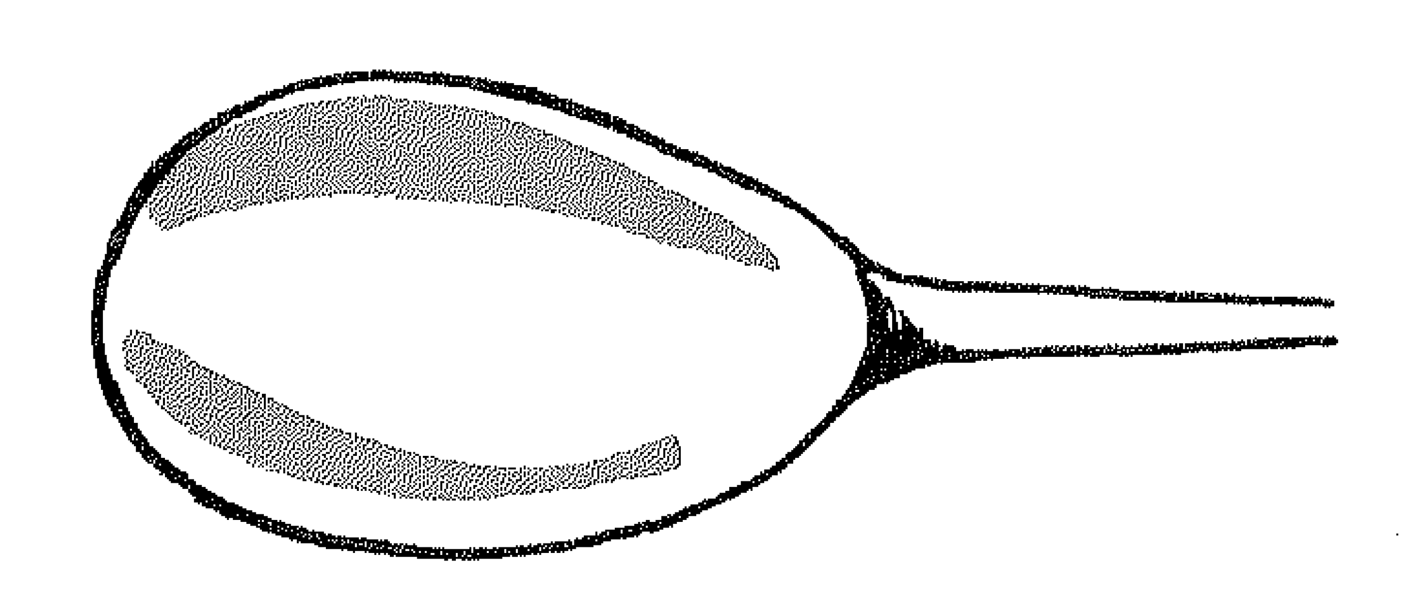


إنه يضع الزجاج الساخن فى كتلة مجوفة من الخشب .

المعدن لكى تصير ناعمة ملساء . ثم يضع عجينة الزجاج هذه وهى ساخنة فى درجة الاحمرار .

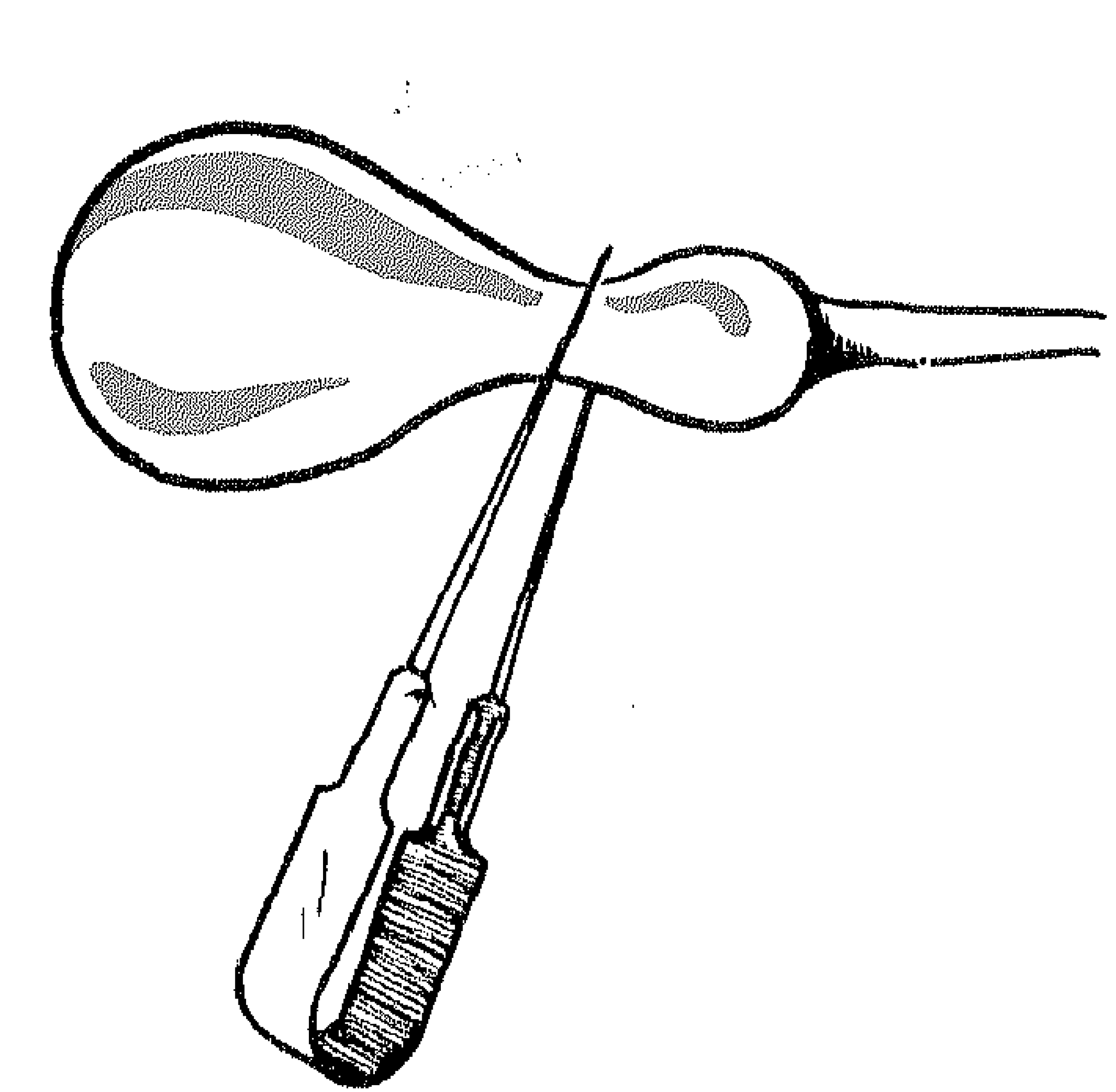
ومع ذلك لا تزال متصلة بأنبوبة النفخ، فى كتلة من الخشب المجوف ثم يديرها ويلفها باستمرار حتى تتكون منها أسطوانة ليست كاملة الصنع . وهنا تصبح العجينة جاهزة ليبدأ رئيس العمال عمله .

هنا يبدأ ينفخ نفخاً هيناً لطيفاً فى الأنبوبة إلى أن تتكون فقاعة صغيرة فى كتلة المعدن . وكلما زاد النفخ ، زاد حجم الفقاعة وأصبحت رقيقة الجدران . فإذا توقف قليلاً ليستريح ، كان يلف أنبوبة النفخ أماماً وخلفاً على مسند كرسيه ، وذلك حتى يحتفظ الزجاج بشكله



ينفخ رئيس العمال فى الأنبوبة حتى تتكون فقاعة داخل كتلة المعدن .

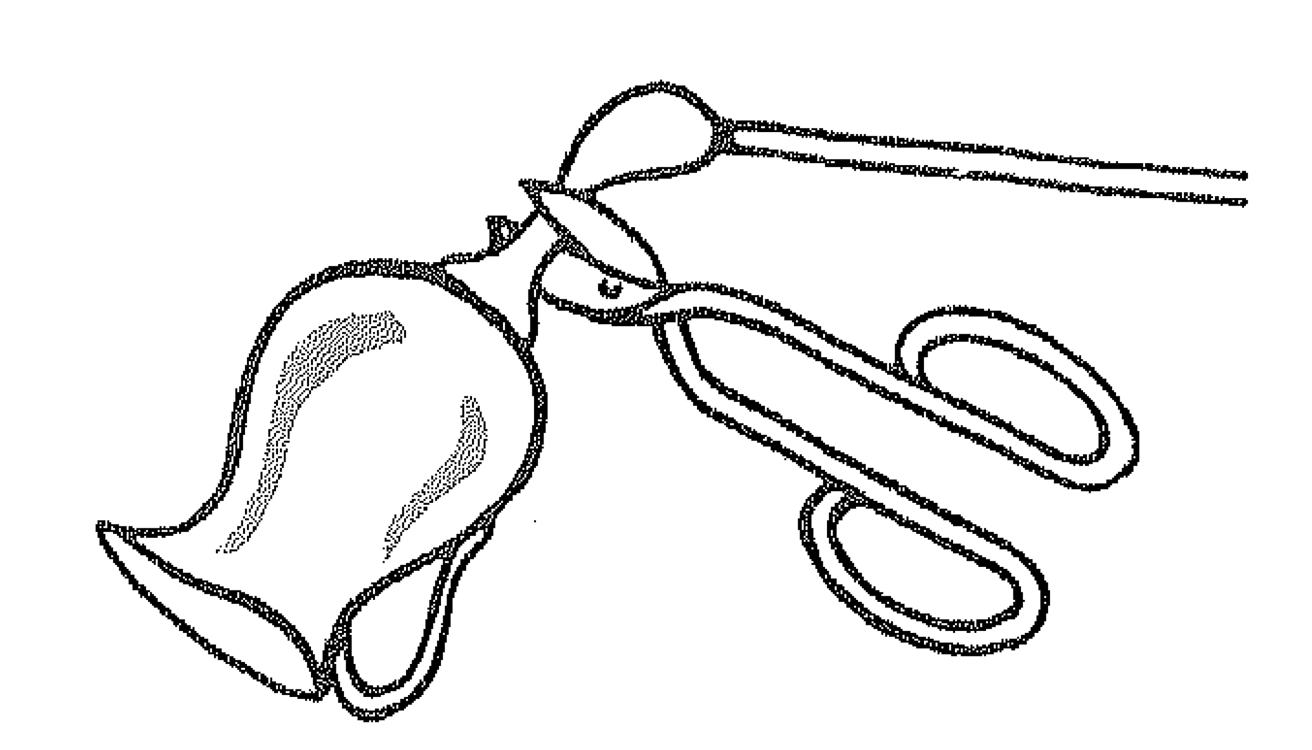
ولكى يفرد هذه الكرة المستديرة فيحولها إلى أسطوانة طولها طول الإبريق الذى يريد صنعه ، كان رئيس العمال يترك الكرة تتدلى من طرف القضيب لحظة بحكم وزنها . ثم إنه كان يضيق عنق الإبريق عند ما يضغط الزجاج بآلة تسمى « زردية » ، فإذا برد الزجاج أو جمد ، فإن المساعد يعيد تسخينه فى فتحة خاصة فى جانب الفرن . تسمى « جلورى هول » أى « فتحة البريق واللمعان » .



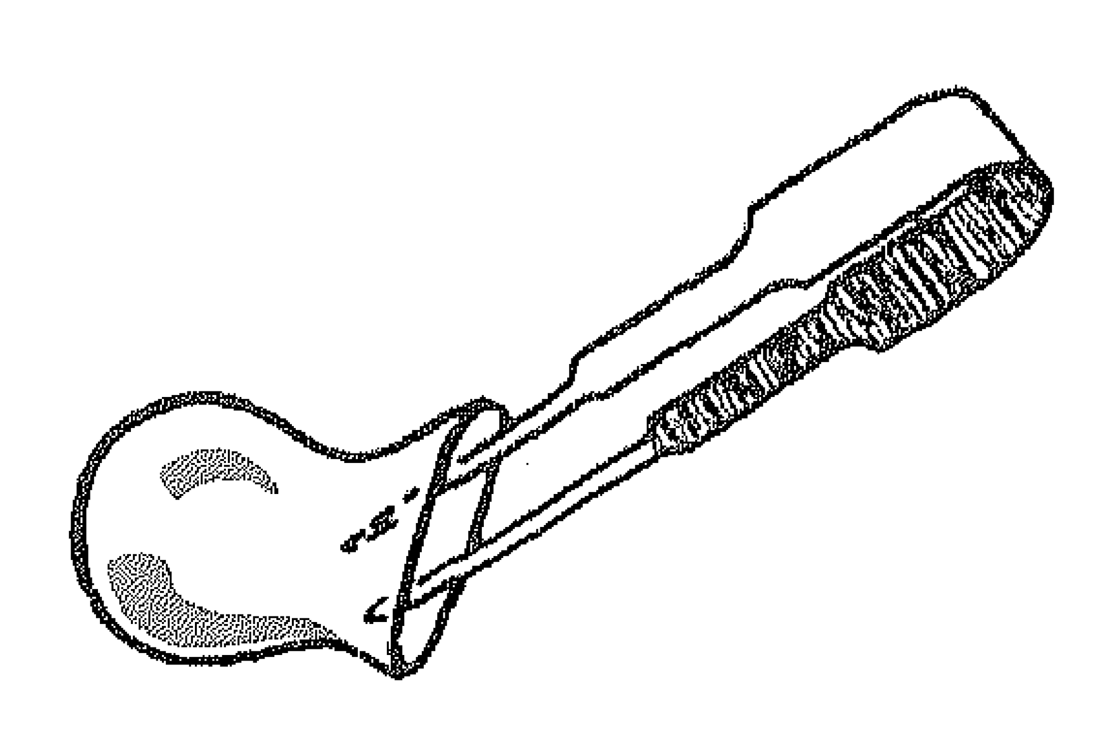
إنه يضيق عنق الإبريق وذلك بضغط الزجاج بزردية .

فإذا تم تشكيل الإبريق فإن المساعد يلتقط من الفرن قطعة من الزجاج الساخن على طرف قضيب خفيف يسمى « سفود » الزجاج ، ثم يصهره فى قاع الإبريق . وعندئذ يقص رئيس العمال أنبوبة النفخ ليبعدها عن نهاية الإبريق ، ويستعمل فى هذه العملية مقصًّا خاصًّا . وعملية القص هذه تترك فجوة غير مستوية تصلح لأن تكون فتحة الإبريق .

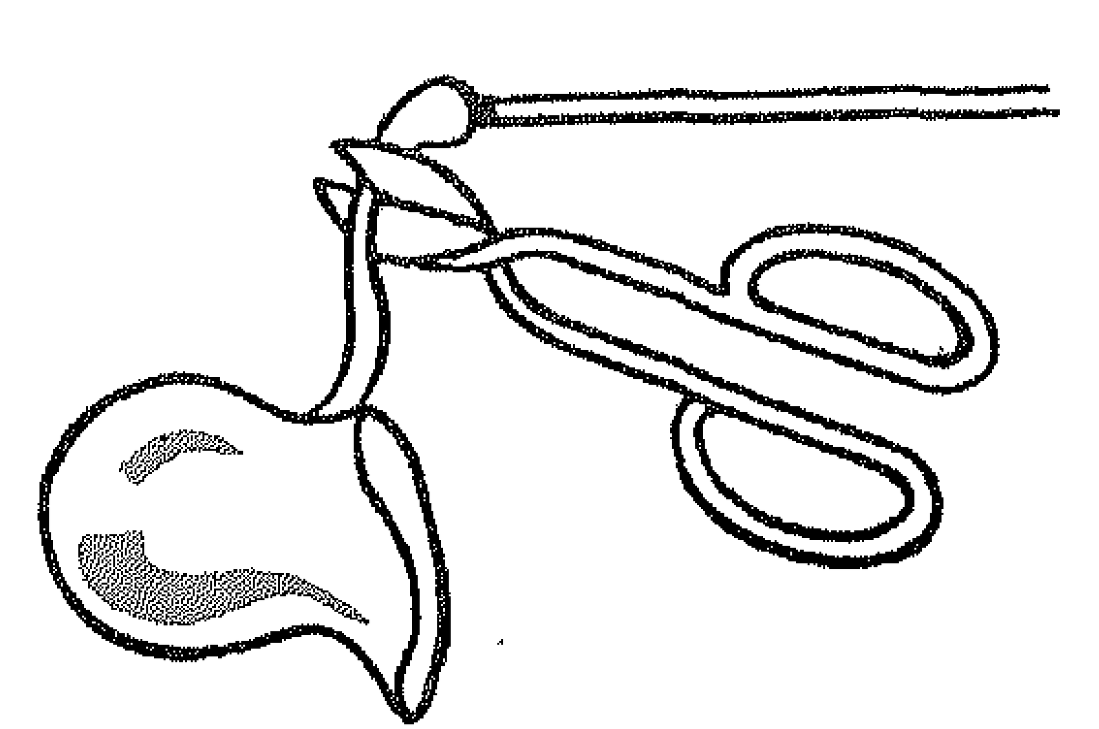
وهنا يسخن رئيس العمال هذه الحافة المثلومة التى ستكون فتحة الإبريق ثم يسويها لتكون ناعمة ملساء . إنه يفتحها «بزردية» ليصنع شفة الإبريق. وعندئذ يزيد سرعته فى العمل فيأخذ كتلة ساخنة جديدة من الزجاج يشكلها شريطًا سميكًا ويلمس أحد طرفيها بالإبريق بالقرب من قاعه . ثم يقطع الجزء الذى لا يحتاج إليه من هذا الشريط بمقص ثم يعقد أنشوطة بهذا الجزء المتبقى من الشريط فيثبت الطرف الآخر بعنق الإبريق فيصبح هذا الجزء هو « يد » الإبريق .



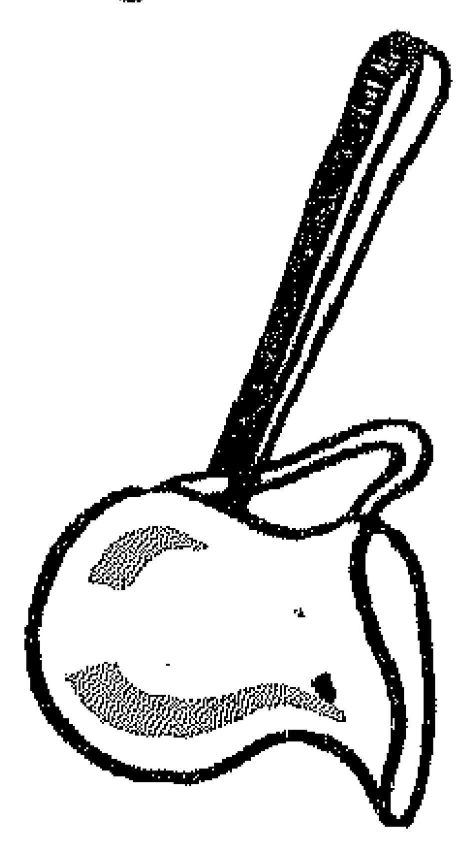
يثبت المساعد قطعة من الزجاج الساخن فى قاع الإبريق .



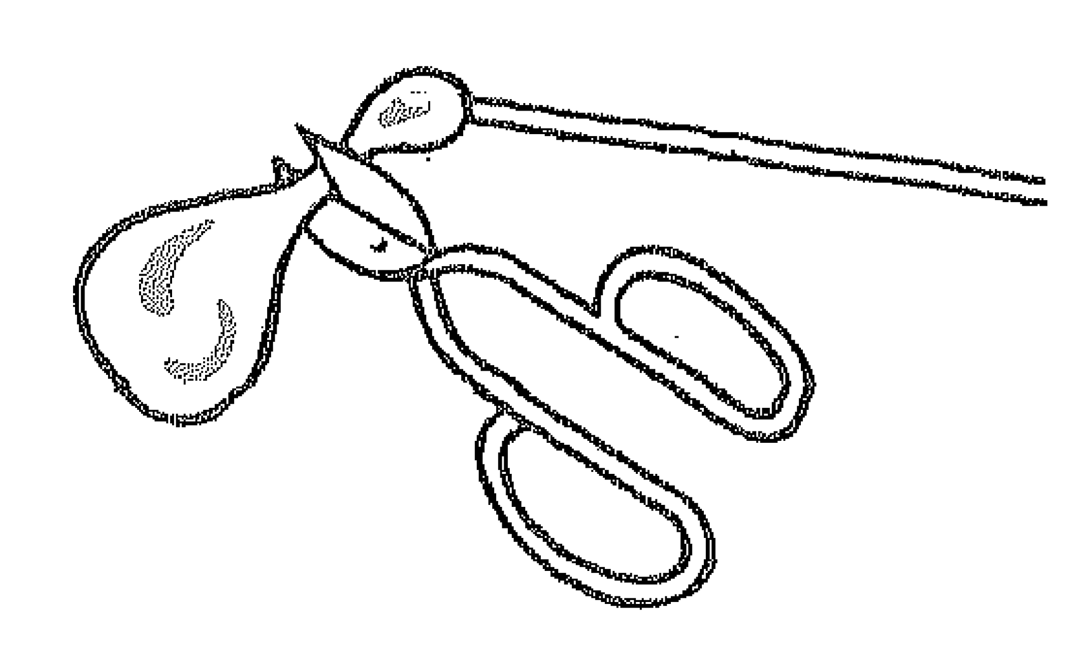
يستخدم رئيس العمال « زردية » فى توسيع فوهة الإبريق ليصنع شفته وتصير ناعمة لامعة .



إنه يقطع بالمقص ذلك الجزء الذى لا يحتاج إليه من شريط الزجاج .



إنه يثبت الطرف الخالص من الشريط فى عنق الإبريق .



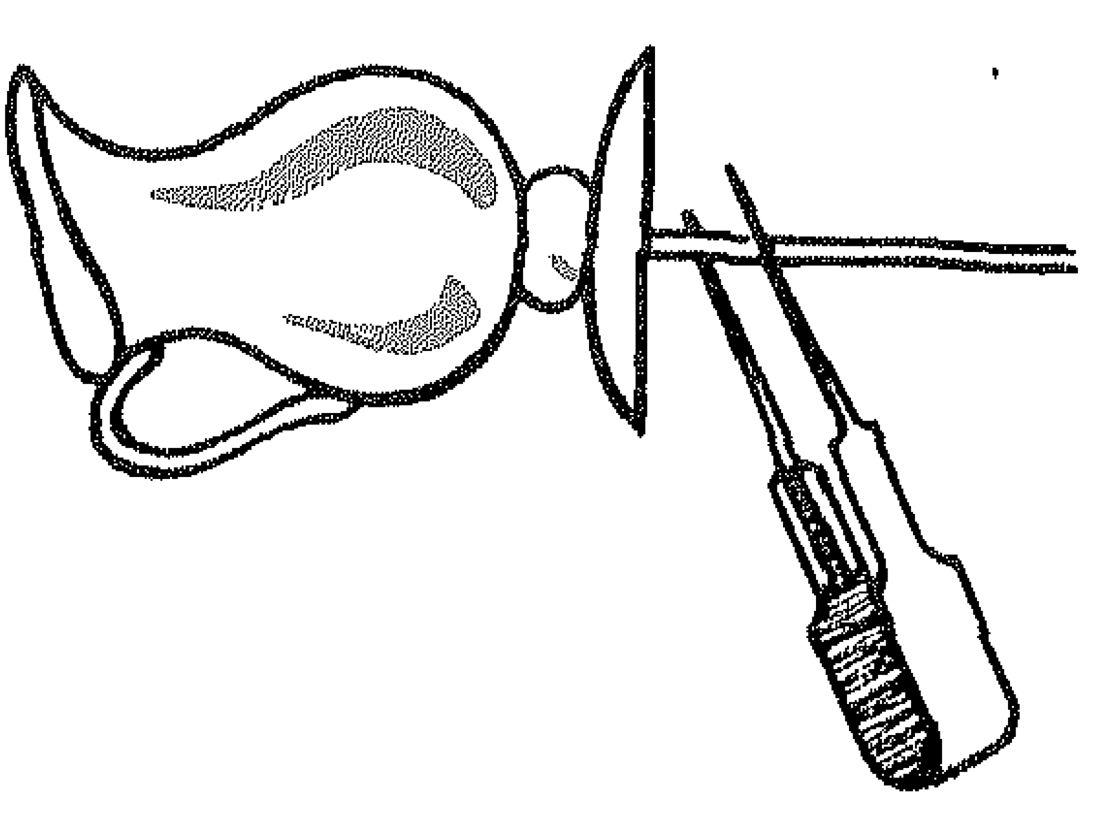
إنه يصنع فقاعة صغيرة من كتلة جديدة من الزجاج الساخن .

وبعد ذلك يصنع رئيس العمال فقاعة صغيرة من كتلة جديدة من ذائب الزجاج ثم يحولها إلى سفود من الزجاج ثم يقطعها فيبعدها عن أنبوبة النفخ . إنه يستخدم هذا السفود فى توسيع تلك الفتحة التى تتخلف عن أنبوبته ، ثم يوسعها إلى الخلف ثم يلف الزجاج حتى يتفلطح فى شكل قرص — هذا الجزء سيكون قاعدة الإبريق .



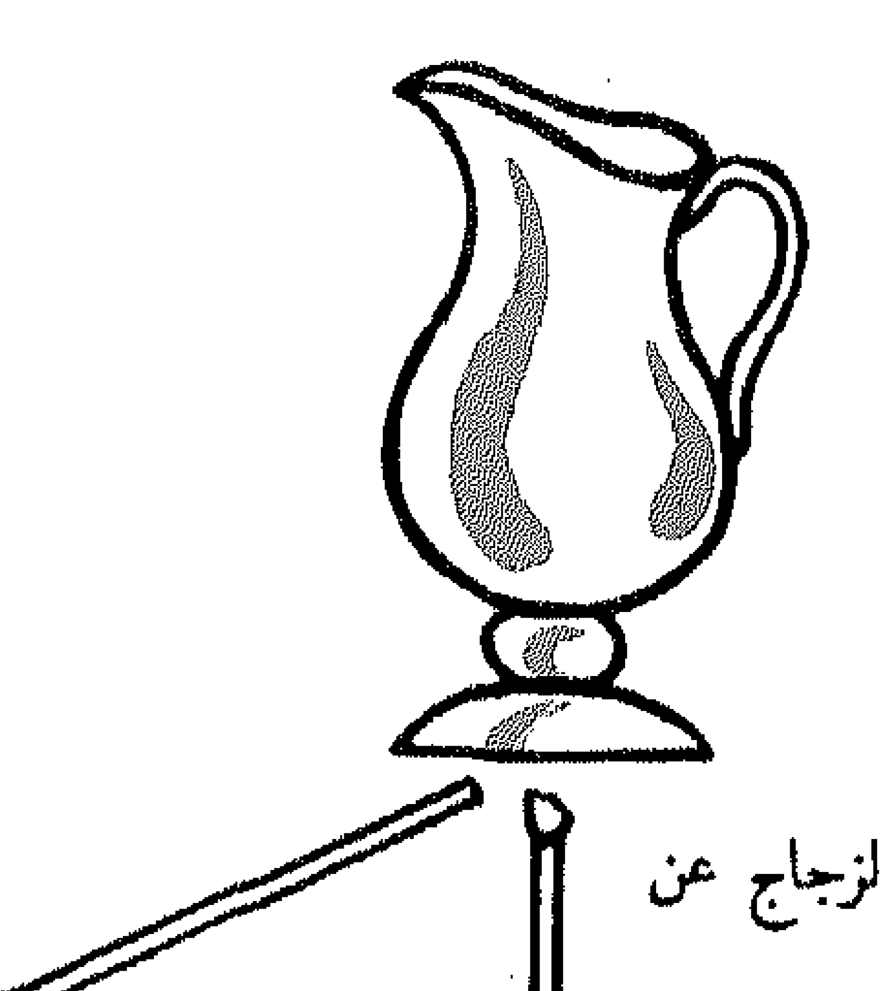
ولكى يصنع قاعدة الإبريق يوسع الفتحة ويجعلها مستوية .

إنه يبعد الإبريق عن السفود « عمود الزجاج » ويفصله عنه بضربة واحدة قوية بإحدى آلاته . ثم يرفع الإبريق من عنقه ثم يصهر قاعه بقاعدته بقطعة من الزجاج الساخن مستخدماً آلة تشبه المقص .



إنه يصهر قاع الإبريق فى قاعدته .

وأخيراً يبعد السفود عن القاعدة بضربة أخرى قوية ، ثم يعالج هذه البقعة الخشنة حيث كسر الزجاج وذلك بتسخينها لحظات لتصير ناعمة ملساء . عندئذ يكون الإبريق قد انتهى صنعه . وهذا يأخذه المساعد إلى « اللهر » ليبرد .



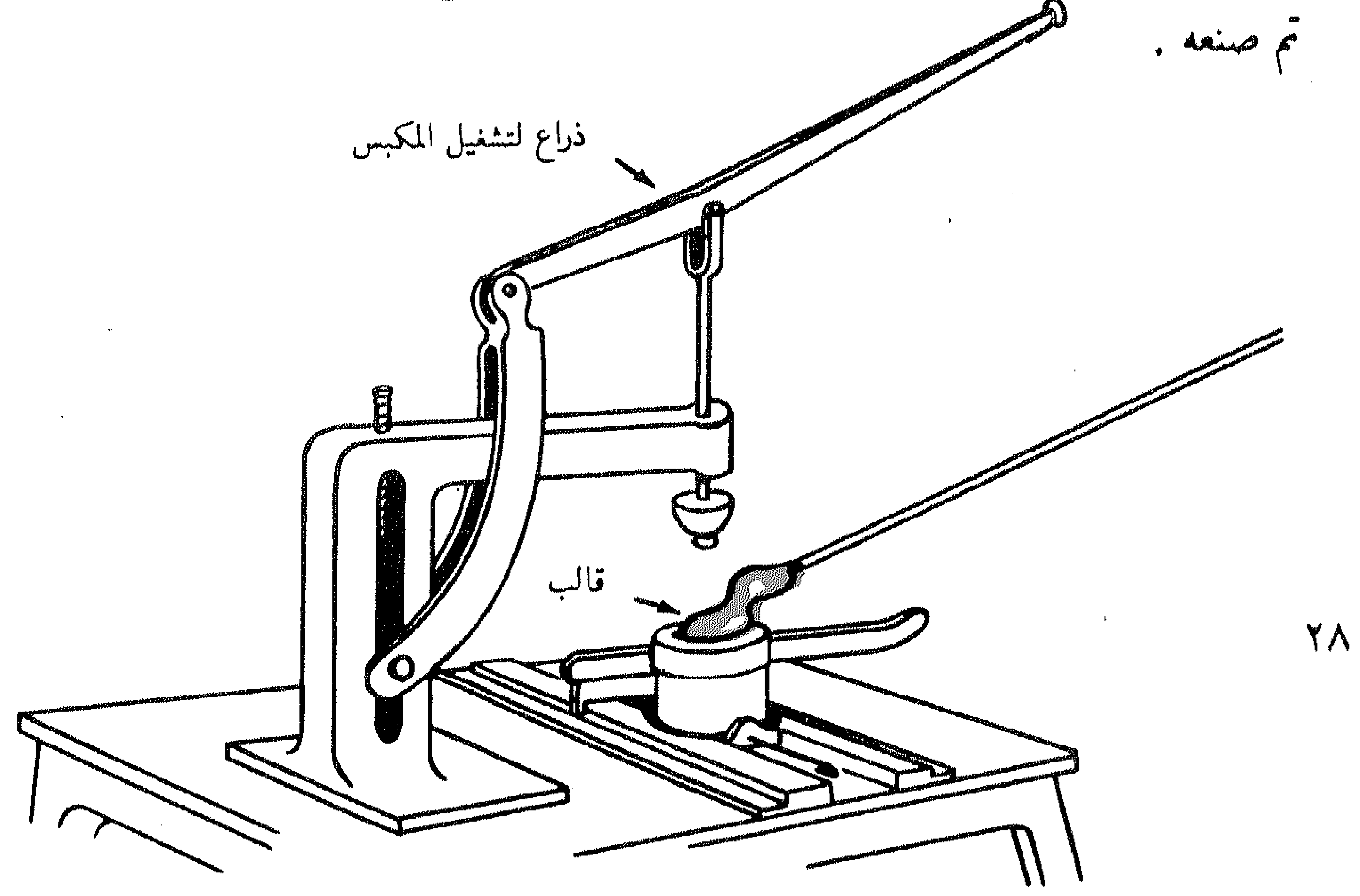
وبضربة قوية واحدة يفصل سفود الزجاج عن الإبريق بعد أن يتم صنعه .

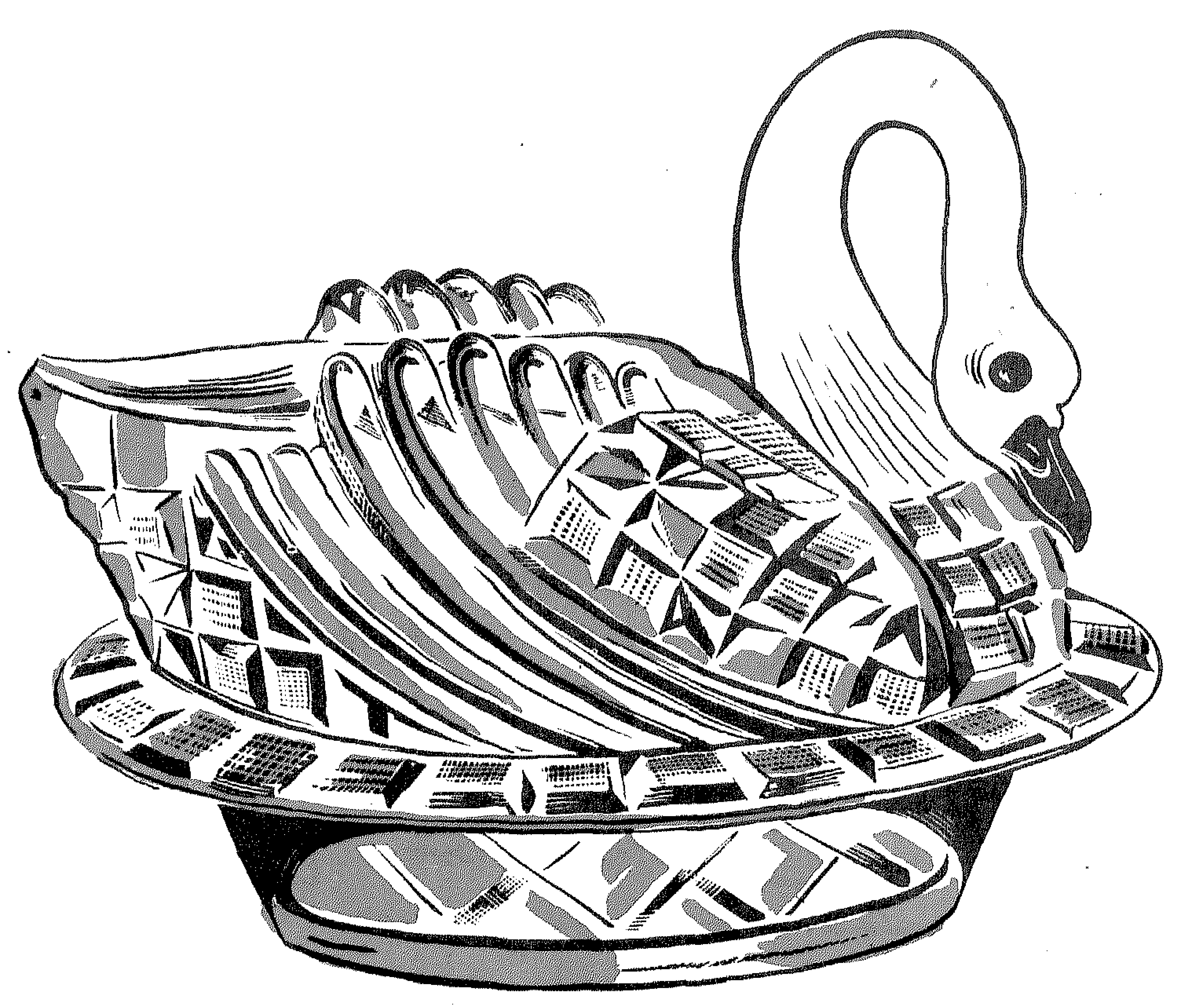
الزجاج الرخيص

ظل الزجاج غاليًا طوال الأزمان التي كان فيها صناعة يدوية . وكان الزجاج غاليًا أيضًا طوال المدة التي كان كل ملك من الملوك يقول فيها : « لن يكون هناك سوى مصنع واحد للزجاج في بلادي. وسوف يباع الزجاج الذي ينتجه هذا المصنع بأسعار عالية . وسوف يعود إليّ نصيب من هذه الأرباح » . وكان ثمن قدح من الزجاج في بعض الأحيان أغلى من قدح مماثل له مصنوع من الذهب أو الفضة .

ولكن الملوك اضطروا في النهاية إلى التنازل عن بعض حقوقهم للشعوب . وهنا أنشئت مصانع الزجاج على نطاق واسع وبدأت المنافسة بينها وأخذ كل منها يحاول أن ينتج أرخص أنواع الزجاج وبكميات وافرة ، وزادت رغبة كل إنسان في شراء الزجاج إذا كان سعره منخفضًا يقدر عليه .

وفي سنة ١٨٢٥ بنى رجل يسمى « ديمنج جارفز » مصنعًا مشهوراً للزجاج في قرية ساندوتش برأس كود . وقد اكتشف طريقة لاستخدام القوالب أسرع من الطريقة القديمة . كان يصب ذائب الزجاج الساخن في قاع نصف قالب ثم يكبس النصف العلوي من هذا القالب بمكبس، وعندئذ كان يفتح القالب ويخرج منه الشكل الزجاجي الذي تم صنعه .

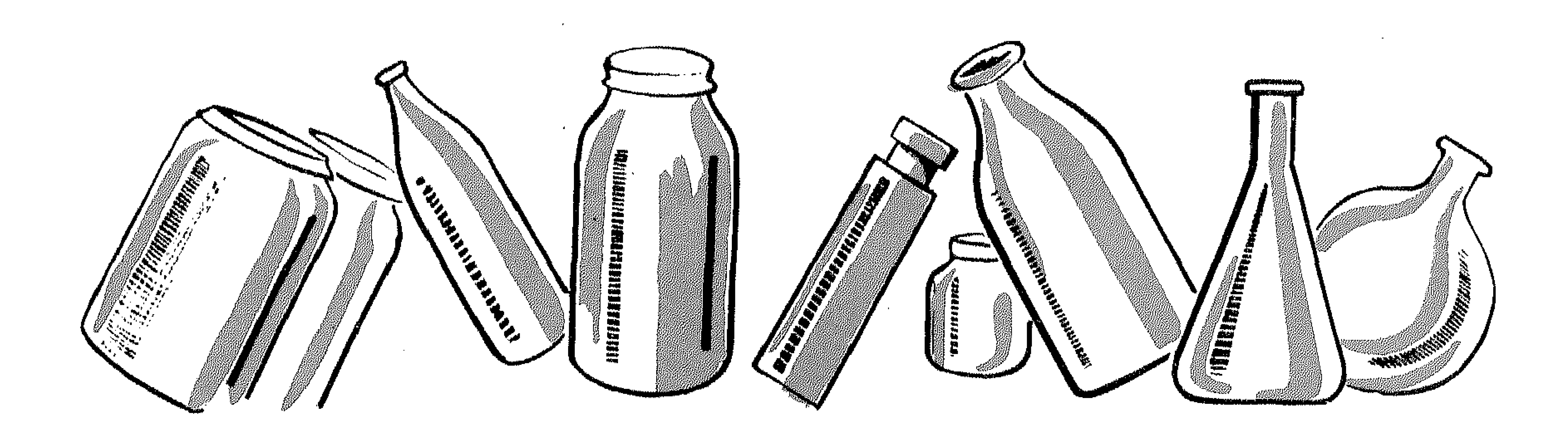




طبق للبيض فى مصانع ساندوتش للزجاج

وهذا المكبس كان يستعمل فقط فى صنع الأطباق وأكواب الشراب ، ولكنه كان يستطيع أن ينتج مائة من هذه الأكواب فى ساعة واحدة . وكانت معظم هذه القوالب تحفر حفراً عميقاً ، ولذا كانت الأكواب التى تنتجها مصانع ساندوتش تبدو وكأن نقوشاً قد حفرت عليها ، مثلها فى ذلك مثل الأكواب الغالية صناعة اليد التى كانت تنتجها مصانع الزجاج الإنجليزية فى ذلك الوقت . واستطاع « ديمنج جارفز » أن يبيع الزجاج رخيصاً بحيث استطاع آلاف الأمريكان شراءه . وكان يعمل فى مصنعه الكبير خمسمائة من الرجال والأولاد . وكان هذا المصنع حقاً هو أول مصنع ضخم ينتج الزجاج على نطاق واسع فى العالم .

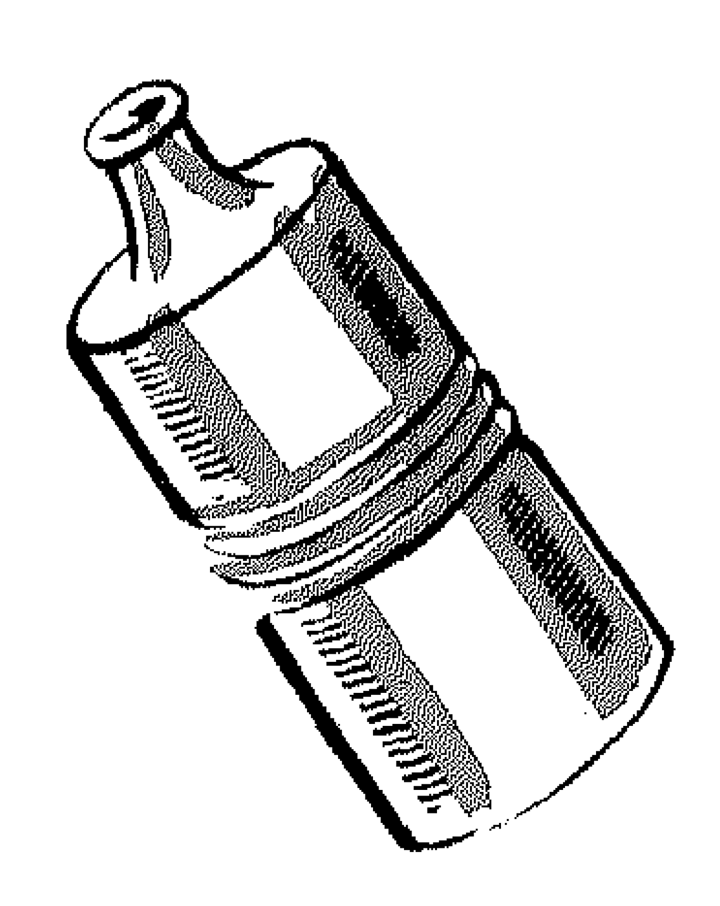

شركة الزجاج.
مخازن المصنع

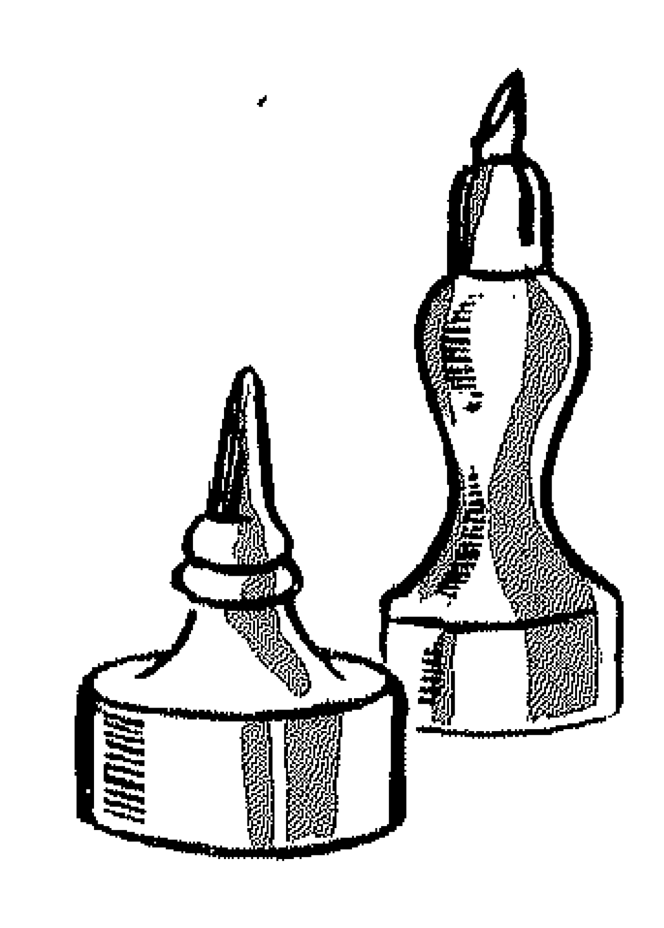


وأخيراً وفى سنة ١٩٠٣ اخترع رجل آخر اسمه « ميشيل أونيز » أول آلة لنفخ الزجاج . كان لها خمس عشرة ذراعاً طويلة تشبه برامق العجلة . وكان هناك قالب على شكل زجاجة فى نهاية كل برمق من هذه البرامق ، فإذا أديرت العجلة التقطت كل ذراع من الأذرع كتلة من عجينة الزجاج الذائب ثم نفختها داخل القالب بوساطة هواء مضغوط . وعندئذ ينفتح القالب أوتوماتيكياً فيضع الزجاجة فوق سير متحرك يحملها إلى (اللهر) — أى إلى الفرن الذى يبرد فيه الزجاج ببطء بعد إتمام صنعه .

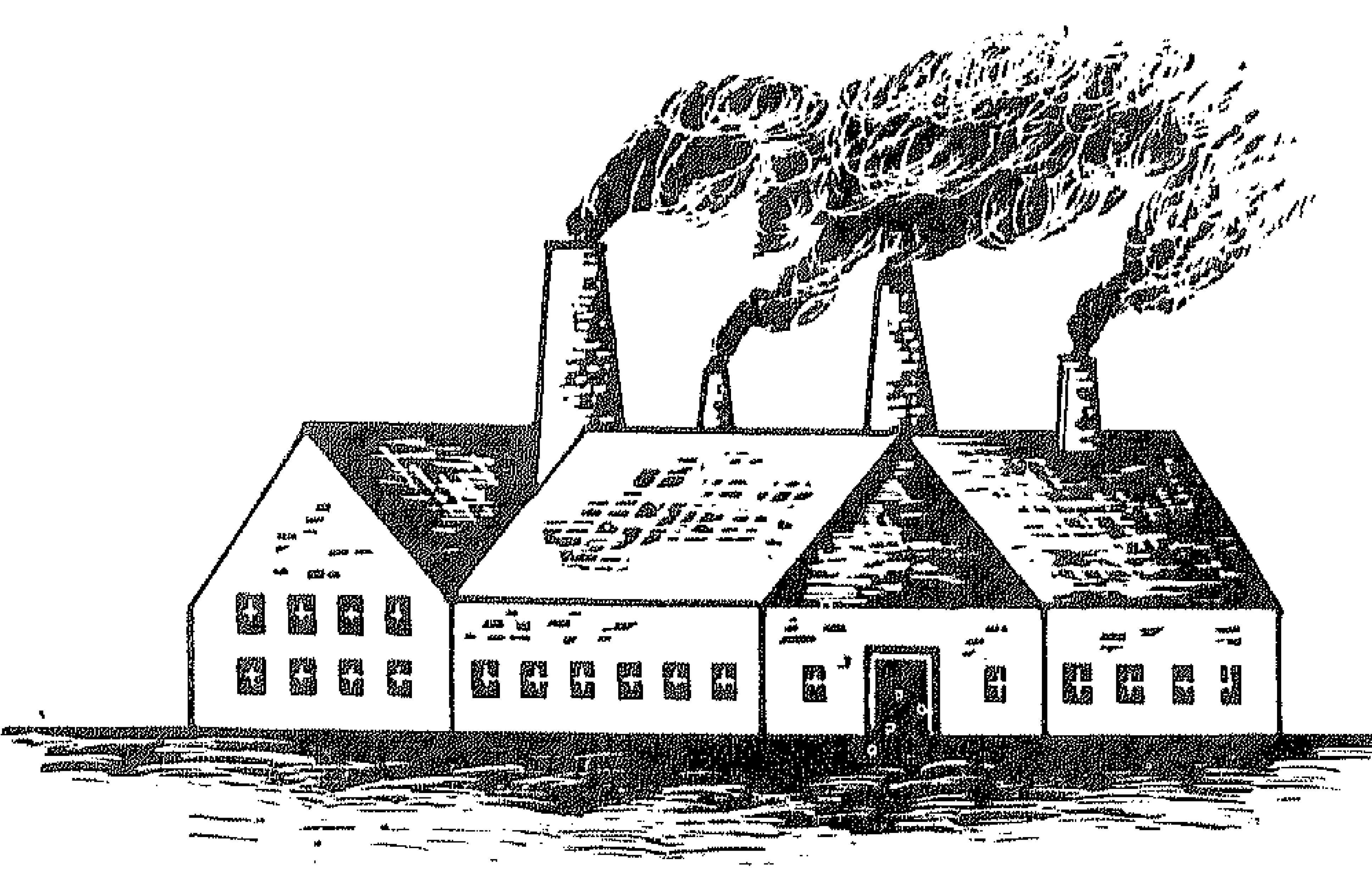
واستطاعت آلة ميشيل أونيز لنفخ الزجاج أن تنتج مئات من الزجاجات فى دقائق معدودات . لم تكن هذه الزجاجات جميلة كتلك الزجاجات التى كان ينفخها مهرة الفنانين فى البندقية ، ولكنها كانت كلها متماثلة تشبه كل واحدة منها الأخرى تماماً . وكانت هذه العملية هى بداية صناعة الزجاج الذى نعرفه نحن الآن — زجاج وفير يستطيع كل إنسان أن يحصل عليه ويستخدمه فى شئونه اليومية بمختلف الأشكال والصور .

وسرعان ما استخدمت مصانع كثيرة هذه الآلة الجديدة لنفخ الزجاج ، وأخذت ملايين من آنية الزجاج تغمر الأسواق . وتبع ذلك اختراع آلات مشابهة تنتج أكواب الشراب وغيرها من الزجاج المنفوخ . لقد كان اختراع أونيز أهم حدث فى تاريخ صناعة الزجاج بعد أن بدأ الناس يكتشفون أول فقاعة زجاجية منذ آلاف السنين .





مصانع الزجاج فى العصور القديمة



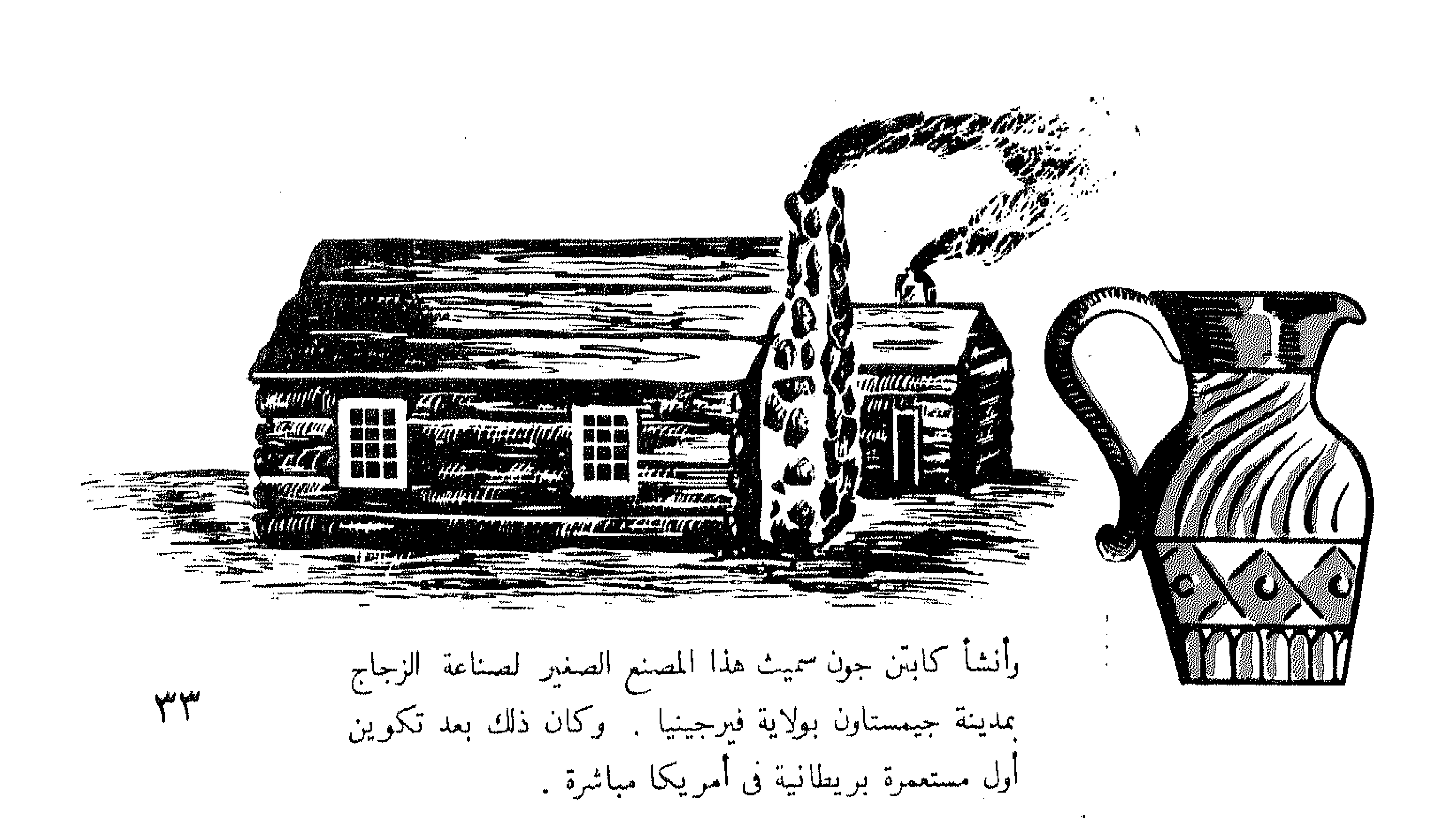
بنى هذا المصنع القديم لصناعة الزجاج فى مدينة برمنجهام بإنجلترا بين عام ١٦٠٠ ، عام ١٧٠٠ . كان ينتج الزجاجات وأكواب الشراب . وغالباً ما كانت هذه الآنية تزدان بصور لمشاهير الرجال أو أبدع المناظر أو أشهر المعارك .



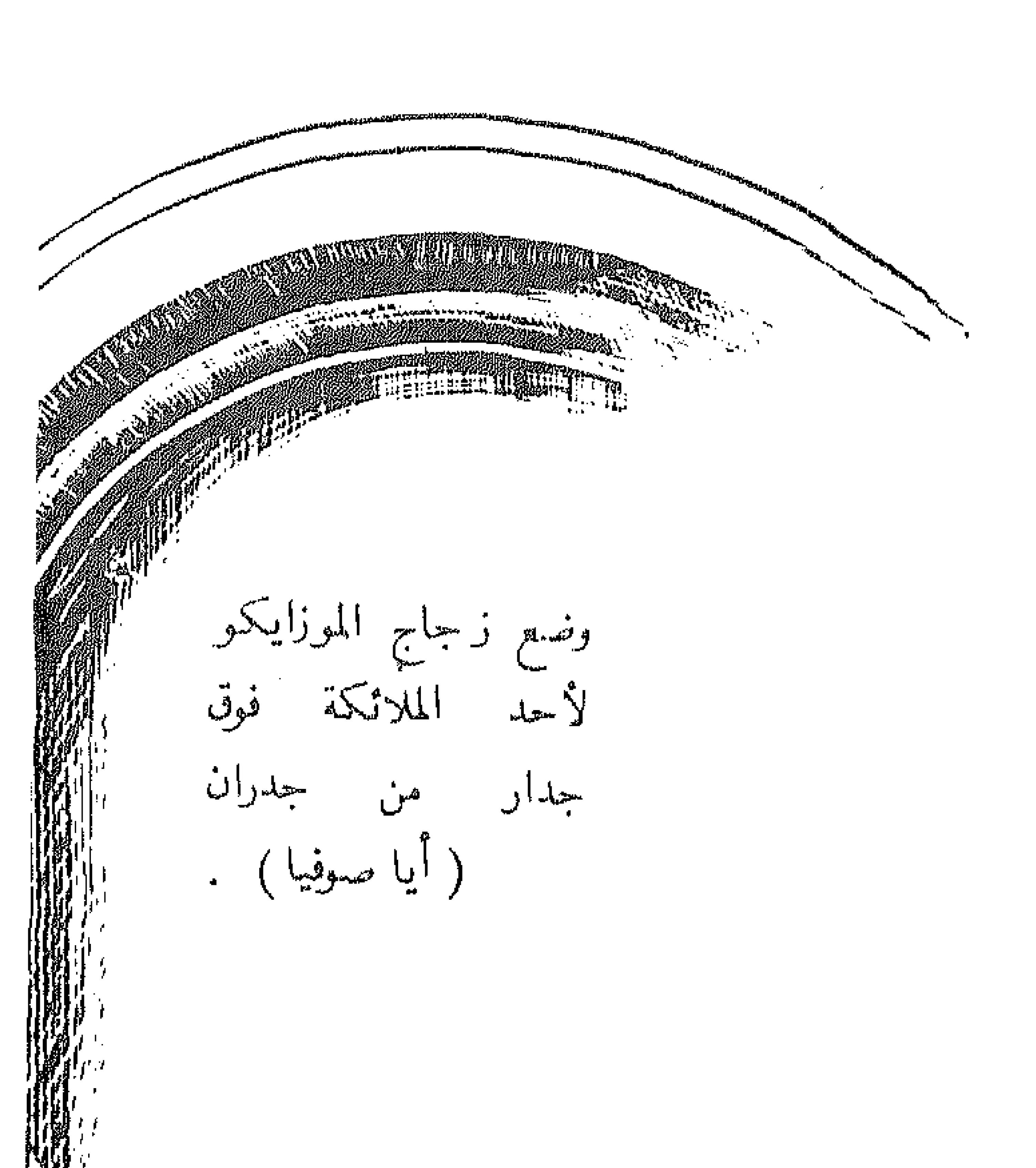
بنى كاسبار ويستار مصنعاً اشتهر بصناعة الزجاج فى مقاطعة سالم بولاية نيوجيرسى حوالى عام ١٧٤٠ . وكانت مارثا واشنجتن تملك جرة صغيرة من إنتاج مصنع ويستار .



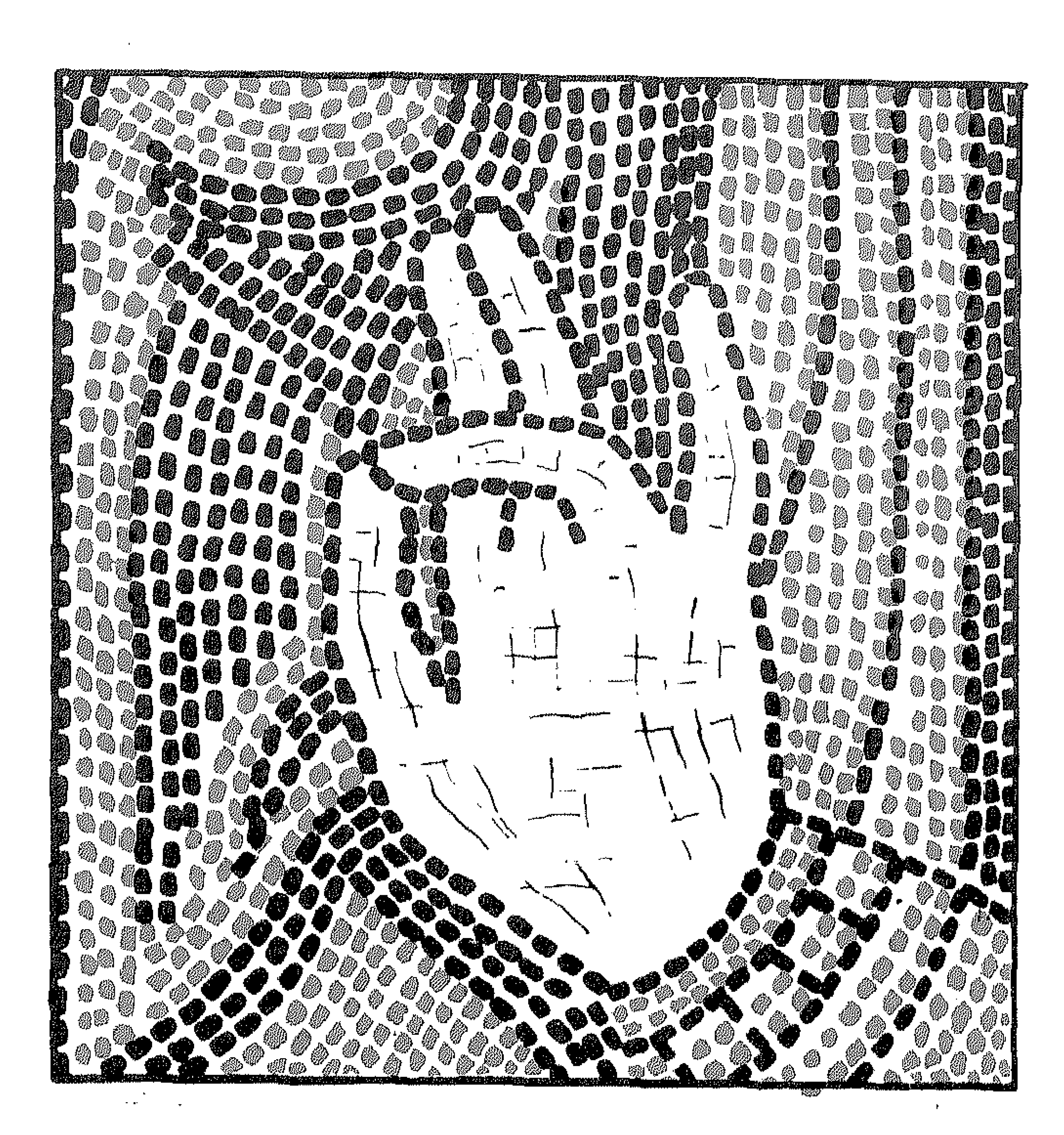
قبل قيام الثورة الأمريكية بسنوات قليلة ، بنى وليام هنرى ستيجل مصنعاً للزجاج فى مانهايم بولاية بنسلفانيا. وقد استأجر مائة من صناع الزجاج من أوربا . وكان كل واحد من هؤلاء يصنع نوعاً من الزجاج يتقنه ويعرفه أكثر من غيره من الأنواع . وكان الناس يطلقون على ستيجل لقب « البارون » لأنه كان يعيش عيشة بذخ وثراء عجيب وكأنه من النبلاء والأمراء.

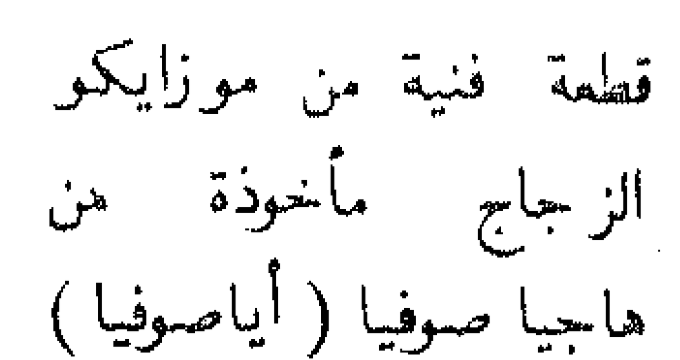


وأنشأ كابتن جون سميث هذا المصنع الصغير لصناعة الزجاج بمدينة جيمستاون بولاية فيرجينيا . وكان ذلك بعد تكوين أول مستعمرة بريطانية فى أمريكا مباشرة .



وضع زجاج الموزايكو لأحد الملائكة فوق جدار من جدران (أيا صوفيا) .





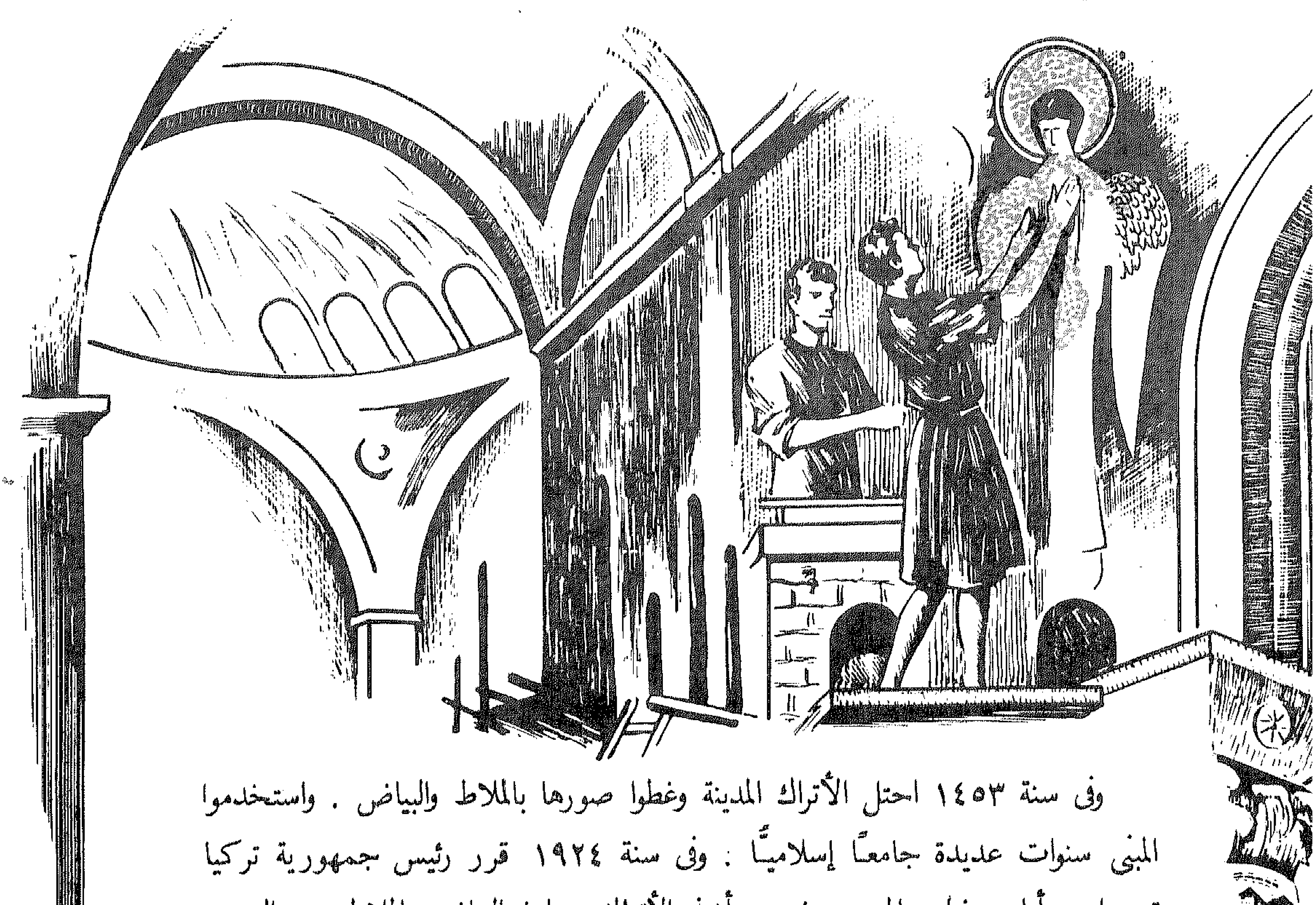
قطعة فنية من موزايكو الزجاج مأخوذة من هاجيا صوفيا (أياصوفيا)

صور مصنوعة من الزجاج

فى مدينة إسطنبول القديمة – وكانت تسمى قديمًا القسطنطينية – مبنى قائم حتى الآن . هذا المبنى جدرانه مغطاة بصور غاية فى الدقة والروعة ، مصنوعة من الزجاج ، واسم هذا المبنى « أيا صوفيا » ، ومعناه الحكمة المقدسة . وكان هو الكنيسة الأم للمسيحيين الأول . وقد أقيم بناؤه منذ ١٥٠٠ سنة تقريبًا .

وقد رسمت النقوش والرسوم فوق جدرانه من يوم إنشائه . ومعظم الصور التى تشاهدها فيه إنما هى لوحات القديسين المسيحيين .

وهذه الصور التى تسمى « موزايكو الزجاج » كانت تصنع بوضع قطع صغيرة من الزجاج الملون فى ملاط جدران الكنيسة وأسقفها ذات القباب بعد أن تغطى هذه الجدران بهذا الملاط مباشرة . فإذا جمد الملاط ثبتت قطع الزجاج الملون هذه تمامًا فى مكانها .



وفى سنة ١٤٥٣ احتل الأتراك المدينة وغطوا صورها بالملاط والبياض . واستخدموا المبنى سنوات عديدة جامعاً إسلامياً . وفى سنة ١٩٢٤ قرر رئيس جمهورية تركيا تحويل « أيا صوفيا » إلى متحف . وأخذ الأتراك يزيلون البياض والملاط عن الصور القديمة فأصبحت اليوم ظاهرة واضحة مرة أخرى .

ولم يكن زجاج الموزايكو جديداً حتى حين استخدم فى صناعة هذه الصور واللوحات . فمنذ ٢٠٠٠ سنة أو تزيد استورد الإغريق القدماء الزجاج من مصر ، وبذلك استطاعوا أن يصنعوا موزايكو الزجاج فوق جدران بيوتهم وأرضية حجراتهم .

ويصنع الفنانون اليوم موزايكو الزجاج أيضاً . فعلى أحد جدران مبنى من مبانى مدينة روكفلر سنتر فى نيويورك ، ترى صورة ضخمة مصنوعة من قطع صغيرة جداً من الزجاج وضعت فى ملاط الجدار حين إنشائه . ولكن موزايكو أيا صوفيا — بأرضيته المصنوعة من آلاف المكعبات المغطاة بالذهب ، وهى مكعبات وأرضية تبهر الأبصار — يعتبر خير أنواع الموزايكو الذى أنتجه الإنسان حتى الآن .

وهناك نوع آخر من ديكور الزجاج استخدم أيضا فى هذه الكنيسة . وكان هذا النوع حديثًا جدًّا حينما بنيت هذه الكنيسة . كان نوعًا يثير الدهشة والعجب . كانت فتحات نوافذ هذه الكنيسة المنحوتة من الصخور تملأ بقطع صغيرة من الزجاج الملون الذى يحول أشعة ضوء الشمس إلى أضواء فيها أطياف قوس القزح الجميلة .

وبعد مرور قرون قليلة هاجر القساوسة والرهبان من القسطنطينية واتجهوا شمالا إلى أوربا ، وهناك بنوا الكنائس ذات قطع الزجاج الملون فى نوافذها .

وكان على هؤلاء الرهبان أن يصنعوا زجاجهم بأنفسهم ، ذلك لأن أوربا لم يكن فيها فى ذلك العهد أحد من صناع الزجاج على الإطلاق تقريبًا .

وكانت النافذة فى ذلك الزمان عادة عبارة عن مجرد فتحة وفراغ يترك فى جدار المبنى ليسمح بدخول الضوء . ومعنى هذا أيضًا أن هذه الفتحة كانت تسمح بدخول البرد أيضًا ، كما تسمح بدخول الرياح والأمطار .

وكان الناس أحيانًا يغطون نوافذهم بقطع من القماش أو جلد الحيوان . وهذه كانت تمنع دخول البرد إلى حد ما، ولكنها كانت أيضًا تحجز معظم الضوء. أما نوافذ الزجاج الملون أو المصبوغ فإنه كان يحجز البرد كله ولا يحول دون مرور الضوء منه .

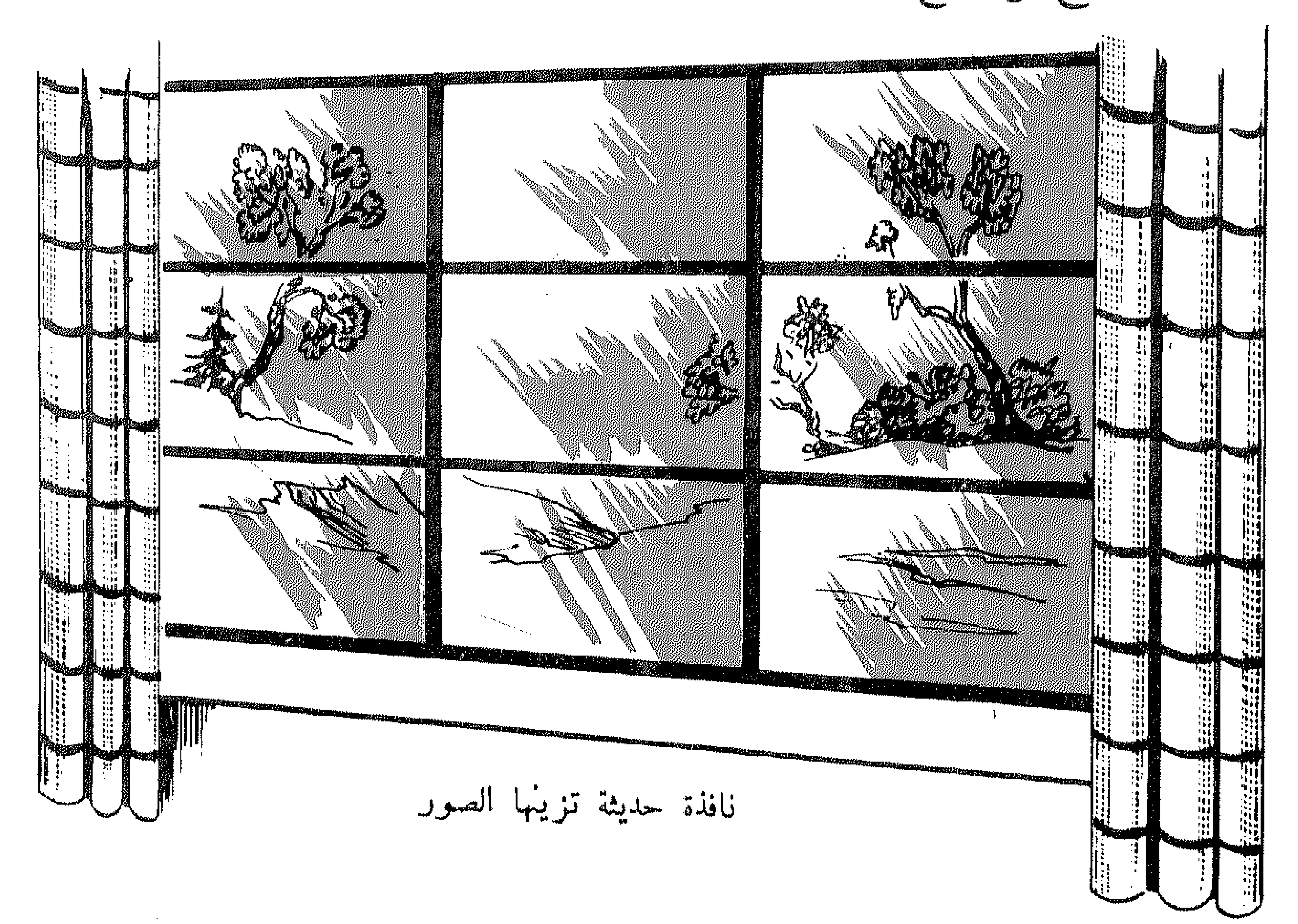
وكانت هذه النوافذ المصنوعة من الزجاج المصبوغ مفيدة فى شىء آخر بالإضافة لهذا . لم يكن لدى القساوسة القدامى أية رسوم أو صور .

نافذة من زجاج مصبوغ

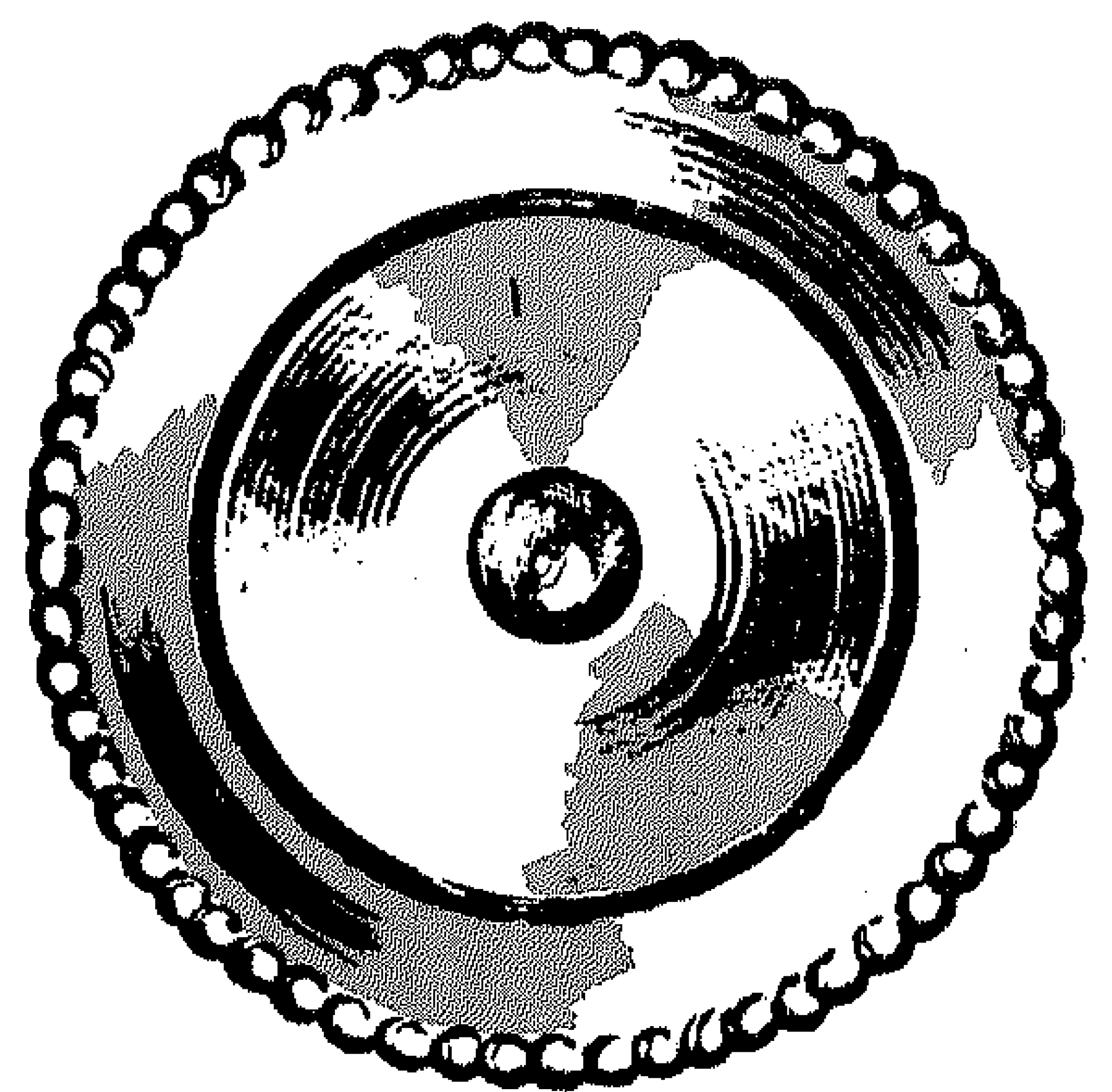
ولكن قطع الزجاج الملون فى نوافذهم ، كانت تجمع وتتحد بشرائط رقيقة من الرصاص ، فتتكون منها صور للمسيح وحوارييه ، كما كانت تشرح كثيراً من الرموز الدينية . واستطاعت هذه الصور أن تساعد على فهم قصص الإنجيل التى كان القسس يحكونها لهم .

وتستطيع أن تشاهد حتّى اليوم بعض تلك النوافذ الملونة التى صنعها الرهبان . إن كثيراً من الناس يذهبون لمشاهدتها فى كل عام كى يستمتعوا بألوانها الفنية العميقة ويشيدوا بجمال رسومها وعظمتها .

لقد كانت قطع الزجاج فى نوافذ أياصوفيا ، كما كانت نوافذ الزجاج الملون فى الكنائس القديمة بأوربا نماذج «أمشقا» نسجت على منوالها كل نوافذ الزجاج فى عالمنا الحديث ، غير أن هناك حقيقة غريبة : ذلك أن الرجال الذين صنعوا تلك النوافذ الملونة العجيبة ، عجزوا عن صنع لوح واحد من الزجاج الرائق الصافى الأملس الناعم الذى يستعمل فى النوافذ ، وهو النوع الشائع الاستعمال فى هذه الأيام . وحتّى أهل البندقية الذين توصلوا إلى صناعة الزجاج الشفاف الرائق ، لم يتمكنوا من صنع مصراع أو شطر « ضلفة » زجاج واحدة ، لأنهم لم يعرفوا كيف يصنعون لوحًا من الزجاج الناعم الأملس المستوى يصلح لملء فراغ نافذة عادية حديثة .



نافذة حديثة تزينها الصور



طبق مصنوع من عين الثور (العجل)

كيف تعلمنا صناعة زجاج النوافذ الحديث

انقضت قرون وقرون قبل أن يتعلم الناس صناعة الزجاج المستوى . وكانت الطريقة القديمة تسمى «طريقة التاج » . كان صانع الزجاج يخرق فقاعة الزجاج فتنتفخ ثم كان يوسع فى هذه الفتحة حين يشد الزجاج اللين ويسحبه إلى الخلف حتى تبدو الفقاعة فى شكل نصف زهرة متفتحة . ثم بعدئذ يلف الفقاعة فى حركة دائرية حتى تتفتح وتصبح فى شكل قرص مستو . وكانت هذه هى الطريقة نفسها التى كان صانع الزجاج يستخدمها إذا أراد أن يصنع قاعاً مستوياً لإبريق أو جرّة .

وفى وسط القرص ، وعند نقطة اتصاله بالقضيب ، كان هناك دائماً كتلة سميكة ضخمة من الزجاج دون استعمال . هذه الكتلة كانت تسمى « عين الثور » ، ولكنها كانت تسمى عادة « التاج » . وهذا هو السبب الذى من أجله كان يسمى هذا الزجاج « زجاج التاج » .

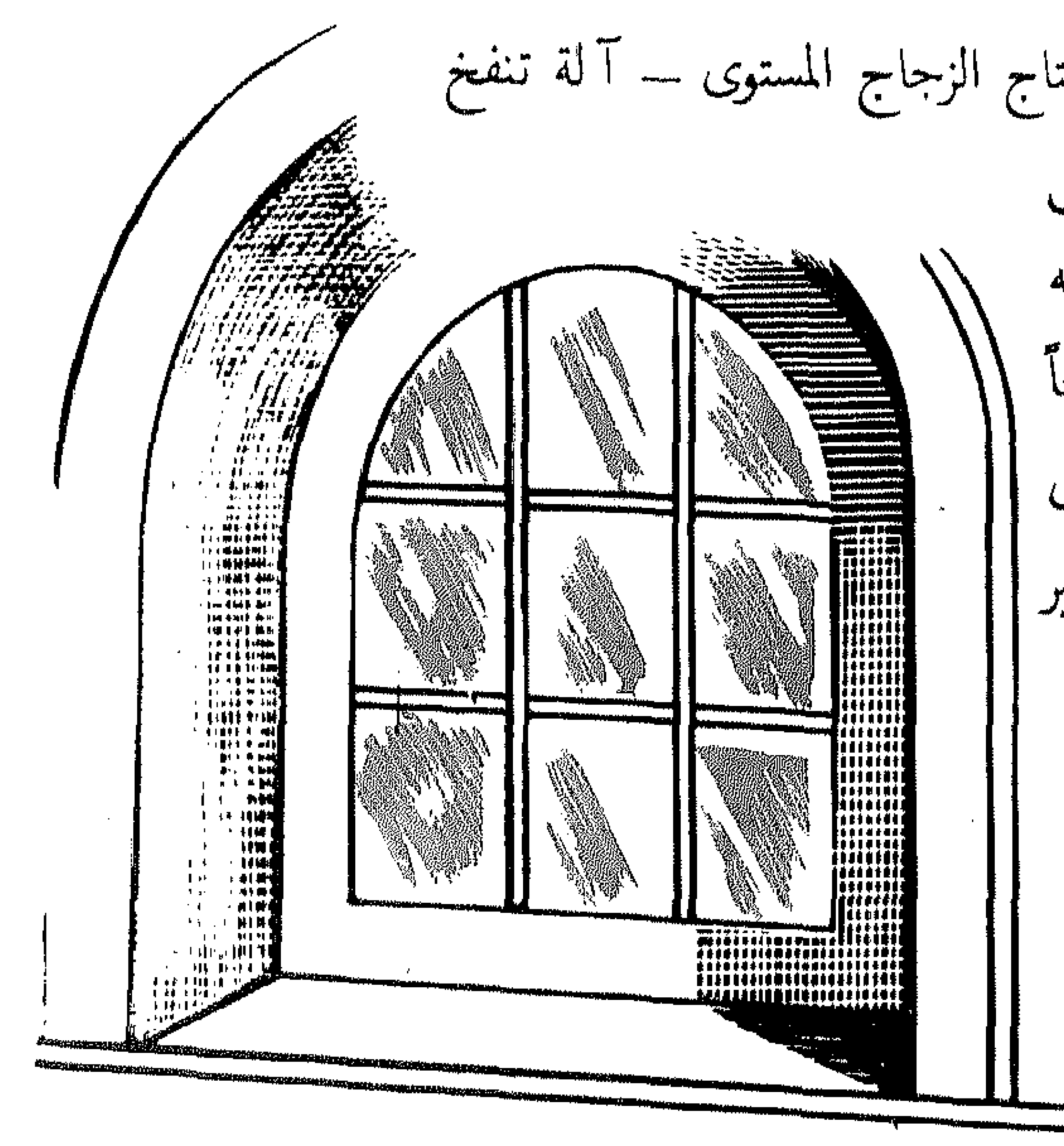
وهذه القطعة المركزية السميكة من الزجاج كانت لا تصلح تقريباً لعمل النوافذ ، لأنها لم تكن تسمح إلا لقليل من الضوء بالنفاذ منها .

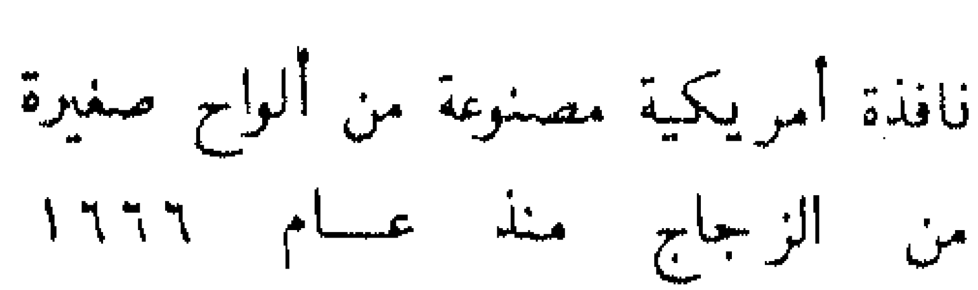
أما أطراف هذا القرص — فإنها عند ما تقطع قطعاً صغيرة — تصبح النوع الوحيد من زجاج النوافذ الذى عرفه الناس مئات السنين . وكانت هذه القطع صغيرة دائماً كما أسلفنا ، ذلك لأن القرص نفسه لم يكن كبيراً جداً . وكان يتحتم على الناس أن يصوغوا هذه القطع الصغيرة ويثنوها جنباً إلى جنب فى شرائط وسدابات من الخشب أو الرصاص يملأون بها فراغ النوافذ . وقد كان المستوطنون الأمريكيون يصنعون نوافذهم كلها بهذه الطريقة .

وقد اخترعت طريقة لصناعة الزجاج المستوى أفضل بكثير من طريقة التاج هذه ، وكان ذلك منذ ثمانمائة سنة ، غير أن فئة قليلة من الناس فقط هي التي استخدمتها مدة سبعمائة سنة ، ذلك لأنها كانت تتطلب مهارة كبيرة وتستغرق زمناً طويلاً . وكانت تلك الطريقة تسمى طريقة الأسطوانة . . وكانت تبدأ بفقاعة ، مثلها فى ذلك مثل طريقة التاج سواء بسواء . وكان صانع الزجاج يترك هذه الفقاعة تتدلى إلى أسفل فى نهاية قضيبه الذى يلف ويدور ، ويستمر كذلك حتى تتقوس فى شكل أسطوانة ، وعندئذ كان يفتح طرف هذه الأسطوانة ثم يكسرها ليفصلها عن القضيب . وبعد ذلك كان يشقها من أعلى إلى أسفل بطرف مدبب من « ماشة » صغيرة ، ويضعها فوق منضدة ثم يعيد تسخينها ، وعند ما تتأثر بالحرارة فتلين ، كانت تتسع قليلاً ، وهنا كان الصانع يسويها فوق المنضدة بآلات أشبه ما تكون بجاروف من خشب .

وكان السطح الخارجى للأسطوانة دائماً أكبر بقليل من سطحها الداخلى . وكان هذا السطح ينتفخ ويتجعد أو يتكرمش أثناء العمل. وكانت هذه التجاعيد تعطى الزجاج مظهراً متموجاً ، كما كان كل شىء على جانبها الآخر يبدو أيضاً متموجاً أو ملتوياً كثير التجاعيد .

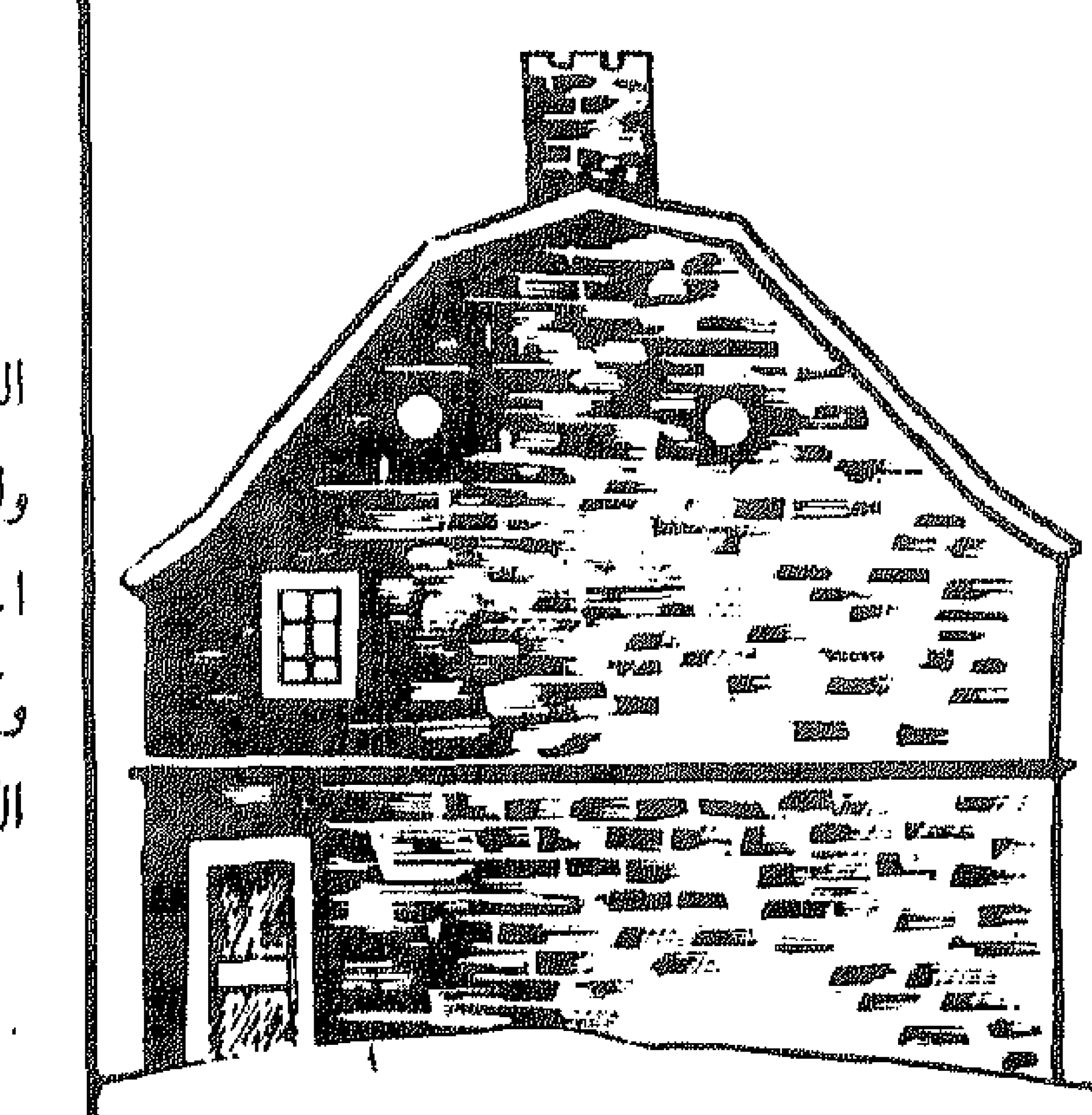
وفى عام ١٩٠٣ اخترع رجل — كان يشتغل بإنتاج الزجاج المستوى — آلة تنفخ أسطوانات قطرها ٧٥ سم وطولها ١٢ متراً. وكان على الصانع الذى يدير هذه الآلة أن يركب شيئاً يرتفع به كلما استطالت الأسطوانة . هذه الآلة كانت تنتج زجاجاً للنوافذ أرخص كثيراً، فعم استعماله وكثر تداوله عن ذى قبل ، برغم أنه كان لا يزال متموجاً كثير التجاعيد وغير مستو تماماً .



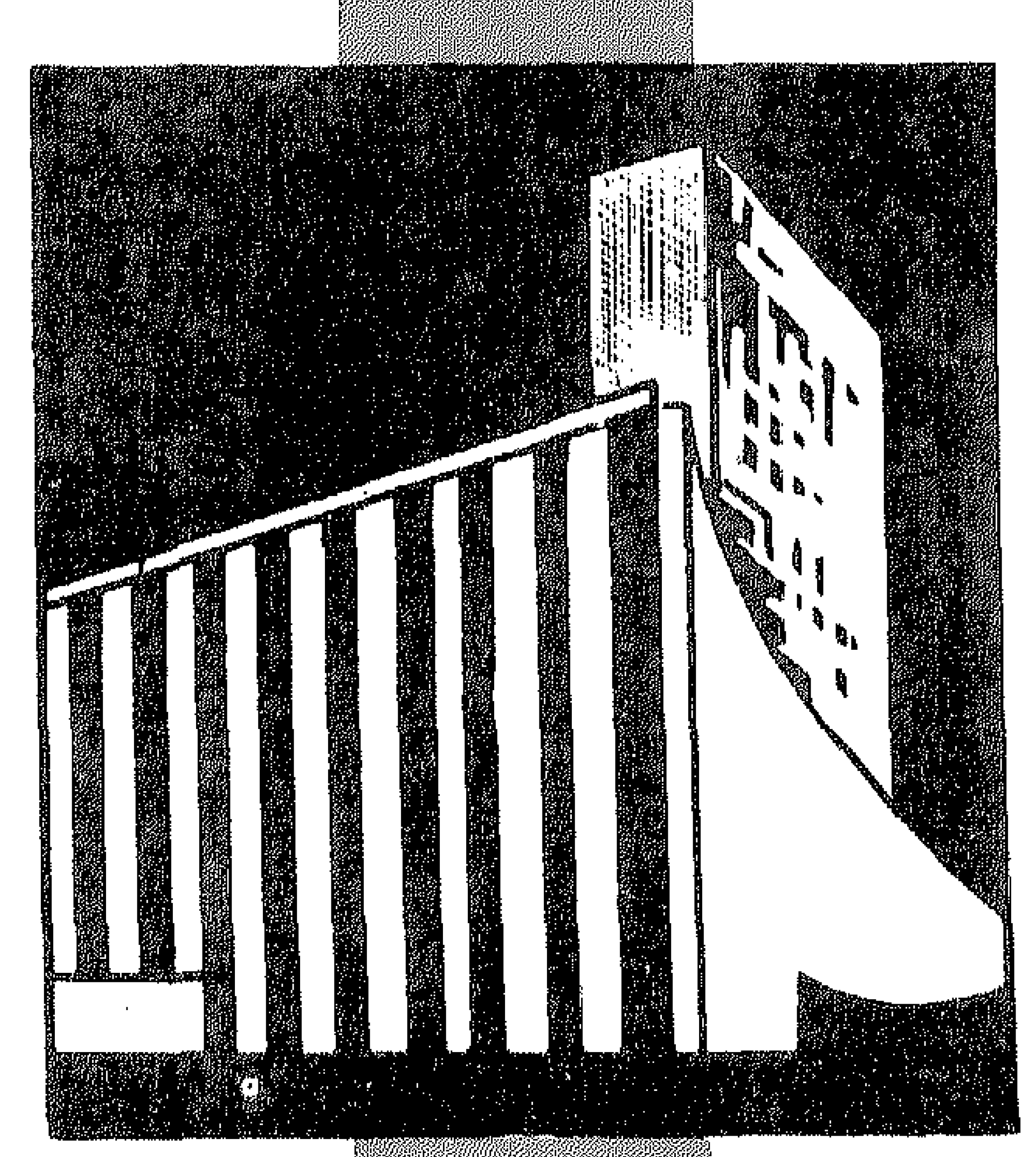


نافذة أمريكية مصنوعة من ألواح صغيرة من الزجاج منذ عام ١٦٦٦

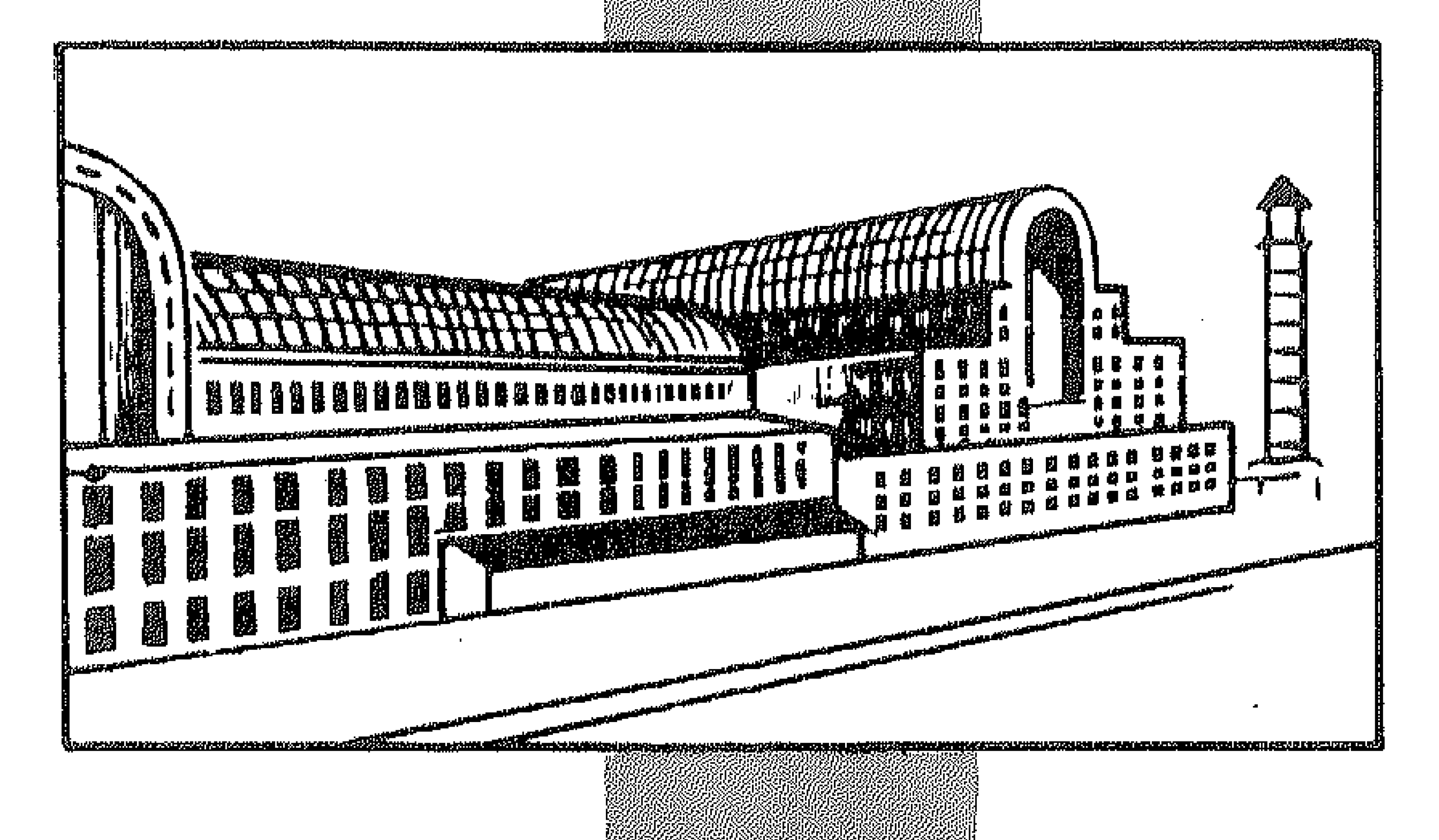
نوافذ وجدران من الزجاج



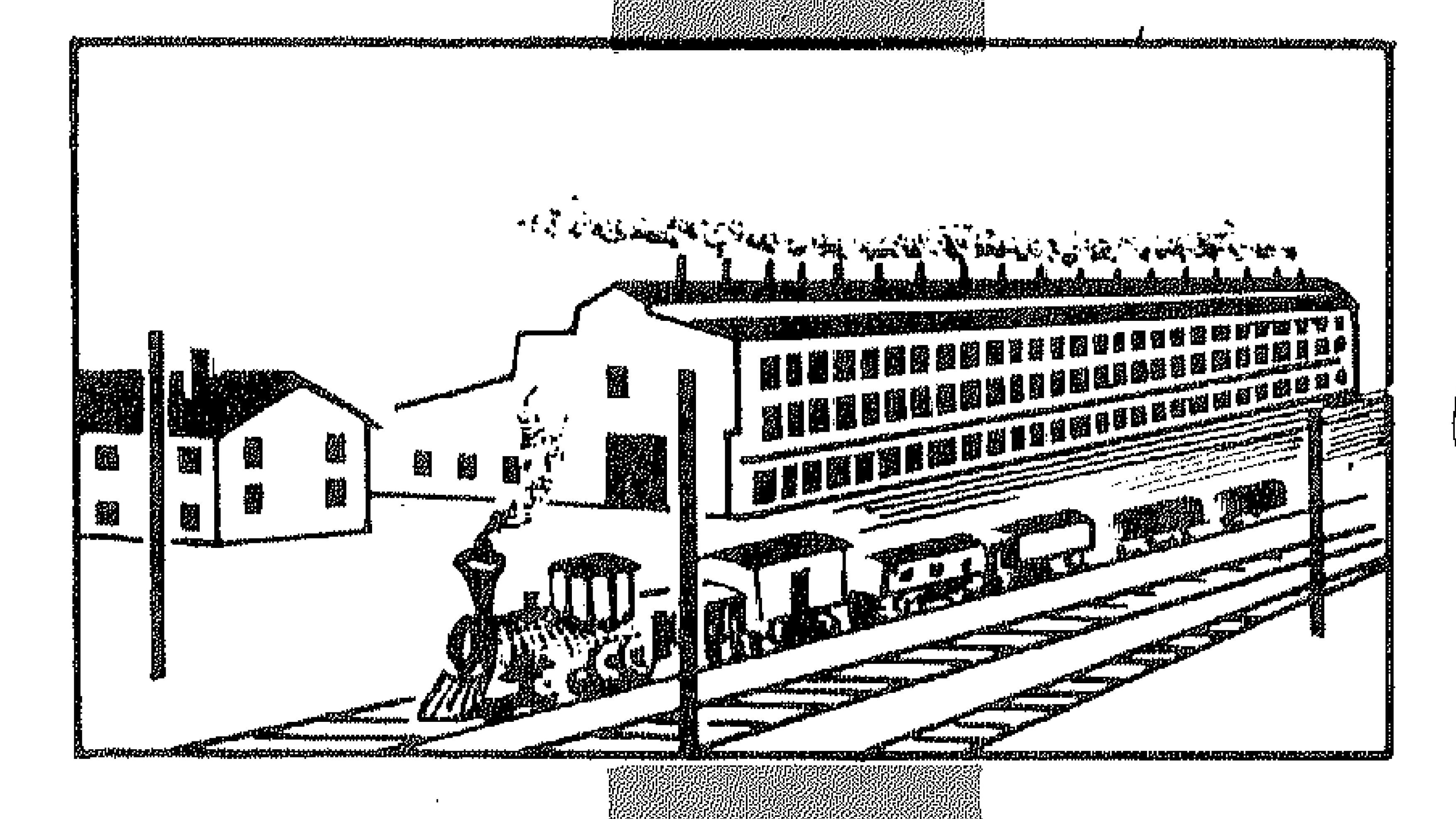
البيت الأمريكى الإمبراطورى بنى فى حوالى عام ١٦٠٠ ، وله نافذة واحدة – كان الزجاج غالى الثمن بحيث لا يستطيع الحصول على نوافذ من الزجاج إلا فئة قليلة من الناس . وكانت بعض الحكومات تفرض على الزجاج نفس الضرائب التى تفرضها على الكماليات



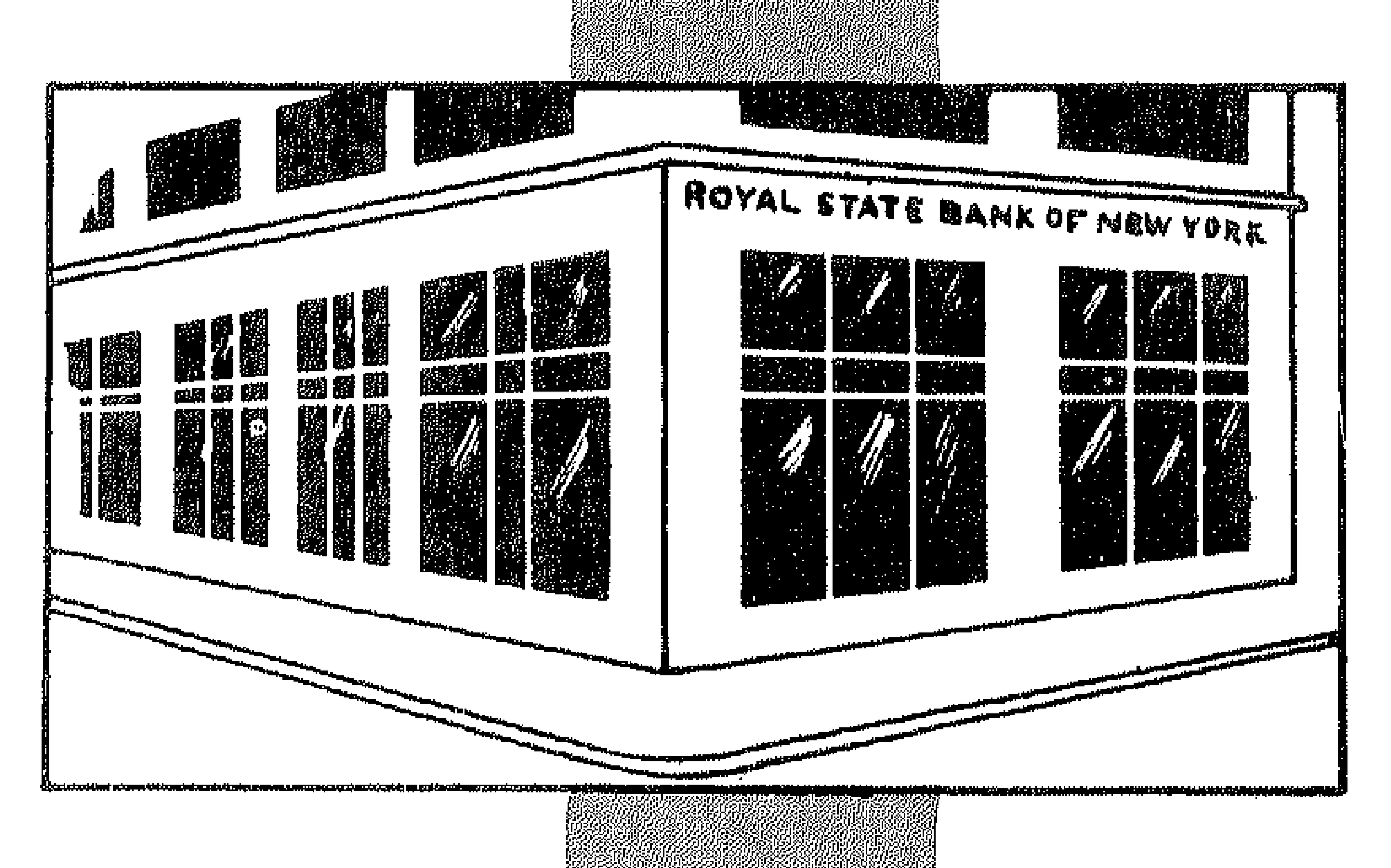
الجدار الخارجى للمبنى الذى تعقد فيه الاجتماعات العامة لهيئة الأمم المتحدة فى مدينة نيويورك ، وهو مصنوع من زجاج خاص يشبه الرخام تماماً



هذا هو قصر الكريستال (البللور) صممه بستانى بريطانى وبنى فى لندن ليكون مقراً لمعرضها العظيم فى عام ١٨٥١ كان قوام بنائه ٣٠٠٫٠٠٠ لوح من الزجاج الأسطوانى طول كل واحد منها ٤٨ سم وعرضه ٢٥ سم .



هذا البناء المتعدد النوافذ مصنع تم بناؤه منذ حوالى ١٥٠ سنة . كانت المصانع قديماً فيها عدد من النوافذ أكثر مما فى البيوت ، ذلك لأن العمال كانوا يحتاجون إلى الضوء ليتمكنوا من تشغيل آلاتهم .



هذا مصرف حديث فى الشارع الخامس (فيفث أفنيو) بمدينة نيويورك – وله جدران من الزجاج

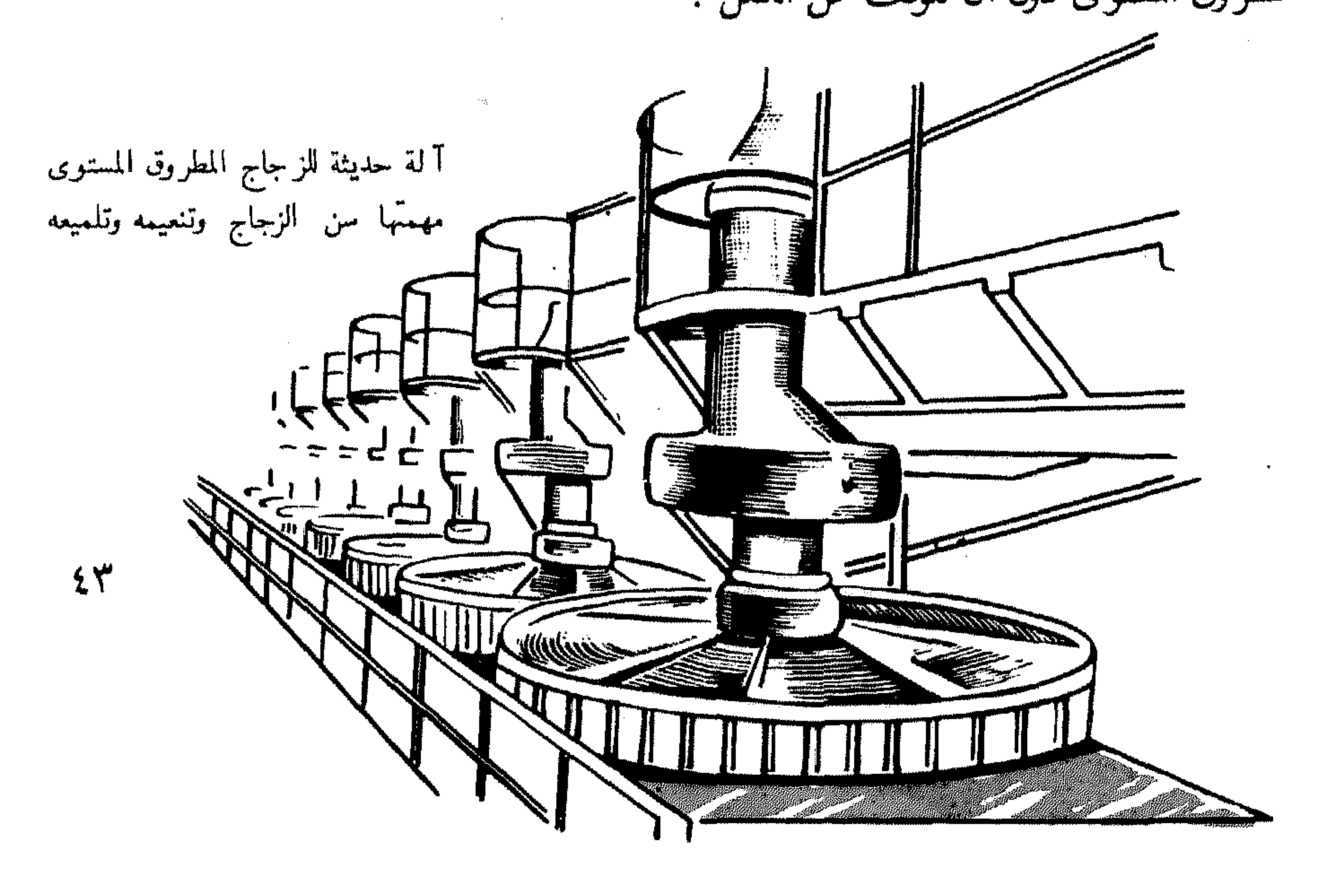
الزجاج المطروق

قد يظن بعض الناس أن الزجاج المطروق هو أحد مخترعاتنا الحديثة، غير أنه فى الحقيقة قد اخترع فى عام ١٦٦٨ على يد أحد صناع الزجاج الفرنسيين يدعى « لويس لوكاس ». كان لوكاس يصب الزجاج الذائب الساخن على منضدة تغطيها طبقة من الرمل ، ثم كان يفردها على سطح تلك المنضدة بأسطوانات كبيرة ، وكأنه يصنع لوحًا من طبقة أو قشرة من عجينة الزجاج . وقديمًا جداً — وفى عهد العصر الذهبى الأول للزجاج — كان الرومان صانعو الزجاج يحاولون عمل الزجاج المستوى المنبسط بهذه الطريقة ، ولكنهم أخفقوا فى محاولتهم هذه . ولكن لوكاس استطاع أن ينتج لوحًا من الزجاج الرائق الأملس، وذلك بسن السطح الرملى وتنعيمه ، وكان هذا اللوح أكبر من قطع الزجاج التى كانت تنتجها طريقة التاج ، هذا بالإضافة إلى أنه لم يكن مجعداً مثلما كان الزجاج الأسطوانى . لقد أطلق لوكاس على هذا الزجاج اسم « الزجاج المطروق » لأنه كان يصنعه فى طبق أو سطح مستو . ومضت قرون عدة دون أن يفكر أحد فى استخدام هذا النوع من الزجاج فى النوافذ ، واقتصر استعماله على صناعة المرايا الثمينة غالية الثمن .



وأخيراً ، وفى خلال الحرب العالمية الأولى ، اخترعت طريقة لصناعة ألواح من الزجاج المسطح المستوى وذلك باستخدام آلات خاصة . كان كل لوح يسحب من خزان كبير مملوء بذائب الزجاج وتحمله أسطوانتان . وقد اخترع كثير من آلات صناعة ألواح الزجاج هذه خلال تلك الحقبة من الزمان . وكانت إحدى هذه الآلات مثلاً تنتج شريطاً من الزجاج لا نهاية له وعرضه أربع أقدام . وكان هذا الشريط ينتقل من الفرن إلى حجرة الشحن عبر فرن الحمو . وهناك كان يقطع إلى قطع مربعة ويعبأ فى صناديق . وكانت هذه الآلة تنتج ٣٠,٠٠٠ قدم مربعة من الزجاج فى كل أربع وعشرين ساعة .

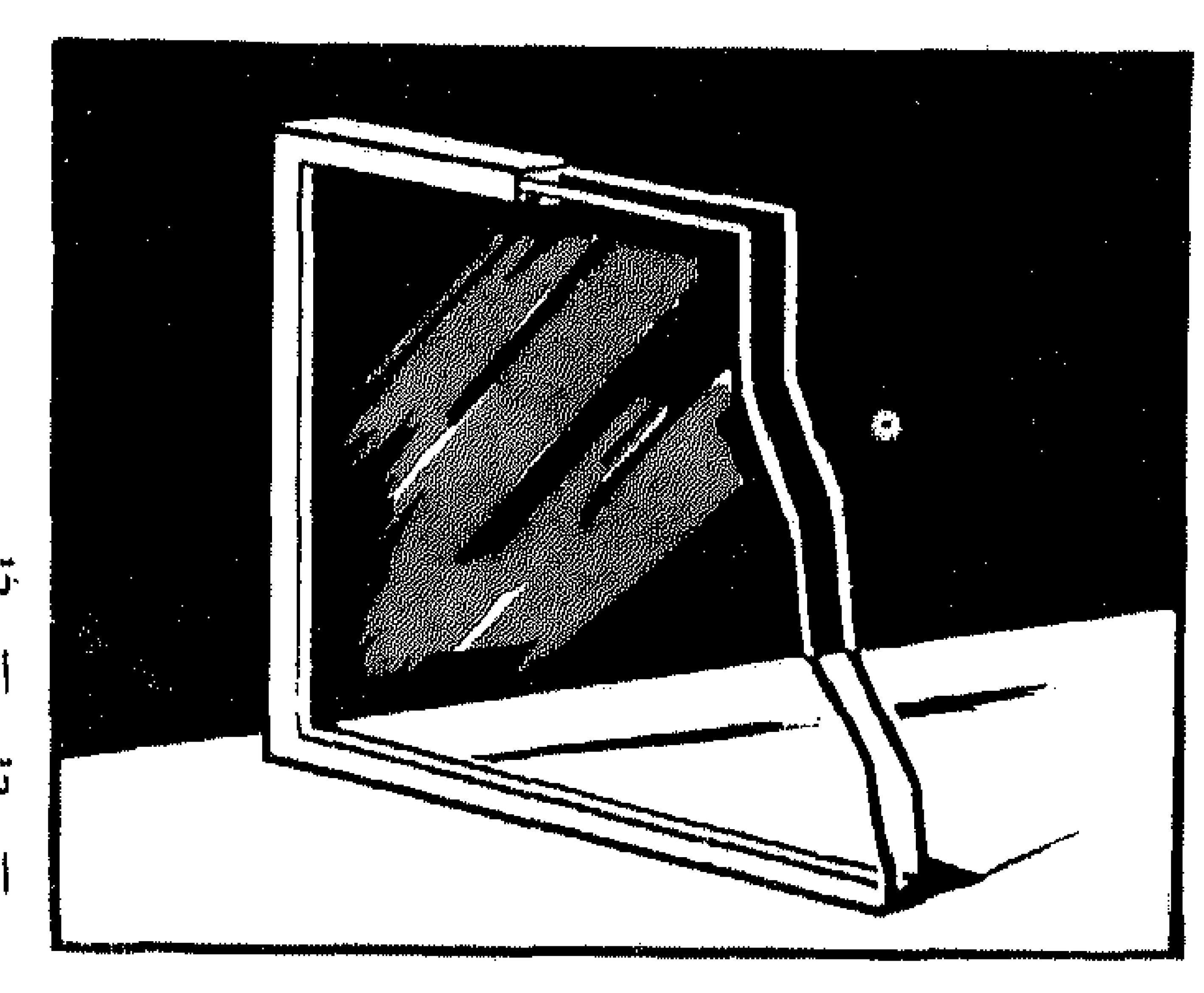
أما الزجاج المطروق المستوى – الذى هو أثقل وزناً وأكثر سمكاً من الزجاج العادى الذى يستخدم فى النوافذ – فإن إنتاجه يتم أيضاً بوساطة آلات معينة ، فعند ما يخرج شريط الزجاج من فرن الحمو ، فإنه يمر خلال آلات أوتوماتيكية ضخمة مهمتها سن هذا الزجاج وتنعيمه بحيث يصبح سطحه ناعماً أملس كلما تحرك حركة ثابتة إلى الأمام ، بسرعة يبلغ معدلها ثلاثة أميال وربع ميل فى اليوم الواحد . وهذا الزجاج يمكن تقطيعه إلى قطع مختلفة الأطوال بعد أن يتم صنعه . وقد حدث أن استمرت إحدى هذه الآلات تعمل عملاً متصلاً مدة عامين ، وأنتجت فى خلال هذه المدة ١٩٠٠ ميل من هذا الزجاج المطروق المستوى دون أن تتوقف عن العمل .



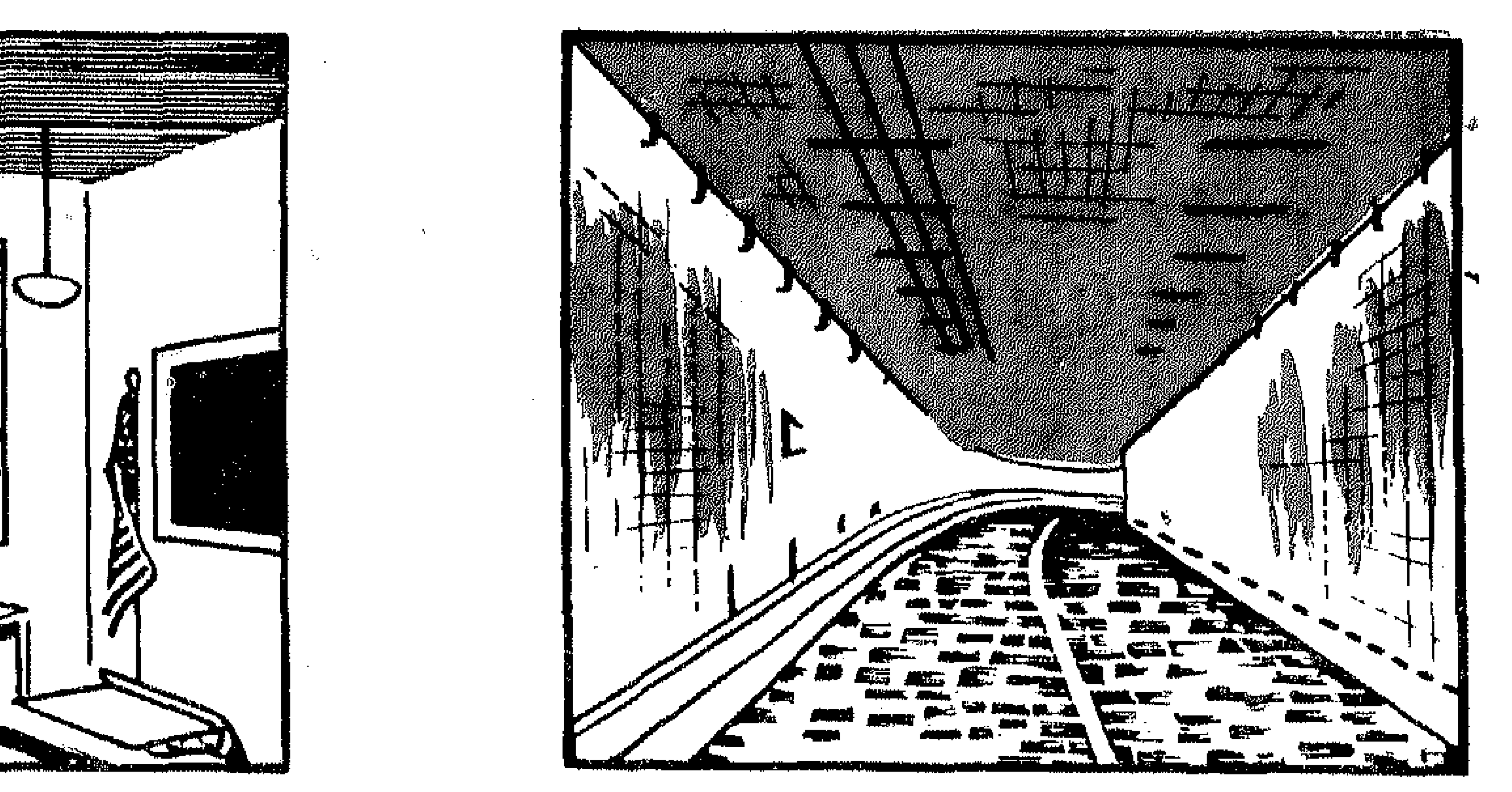
آلة حديثة للزجاج المطروق المستوى
مهمتها سن الزجاج وتنعيمه وتلميعه

استخدام الزجاج فى البناء

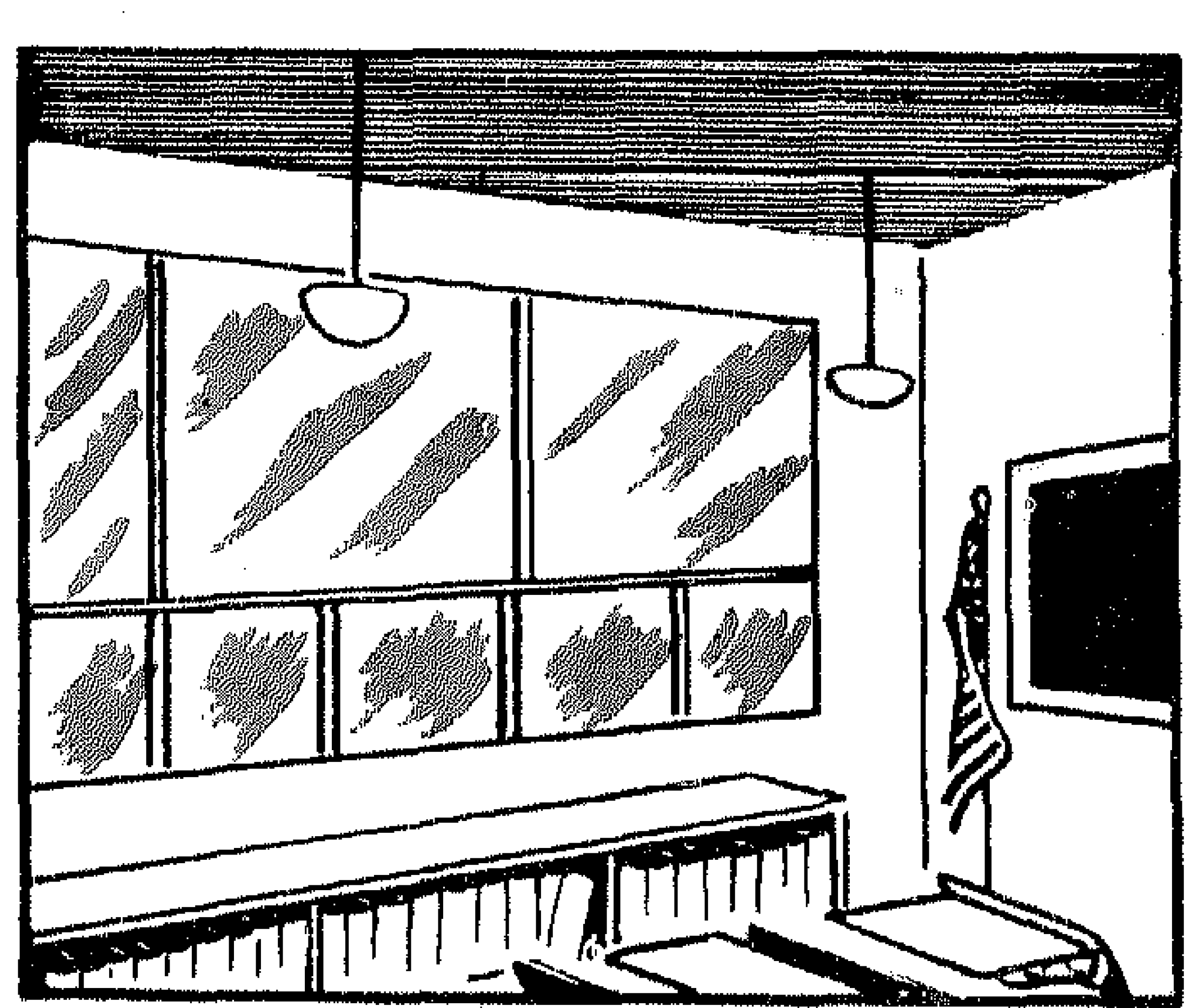
يتشتت الضوء الذى يدخل فى جدار مبنى من الطوب الزجاجى ، وأحياناً ينتشر وذلك لتخفيف حدة البريق وشدة الضياء .



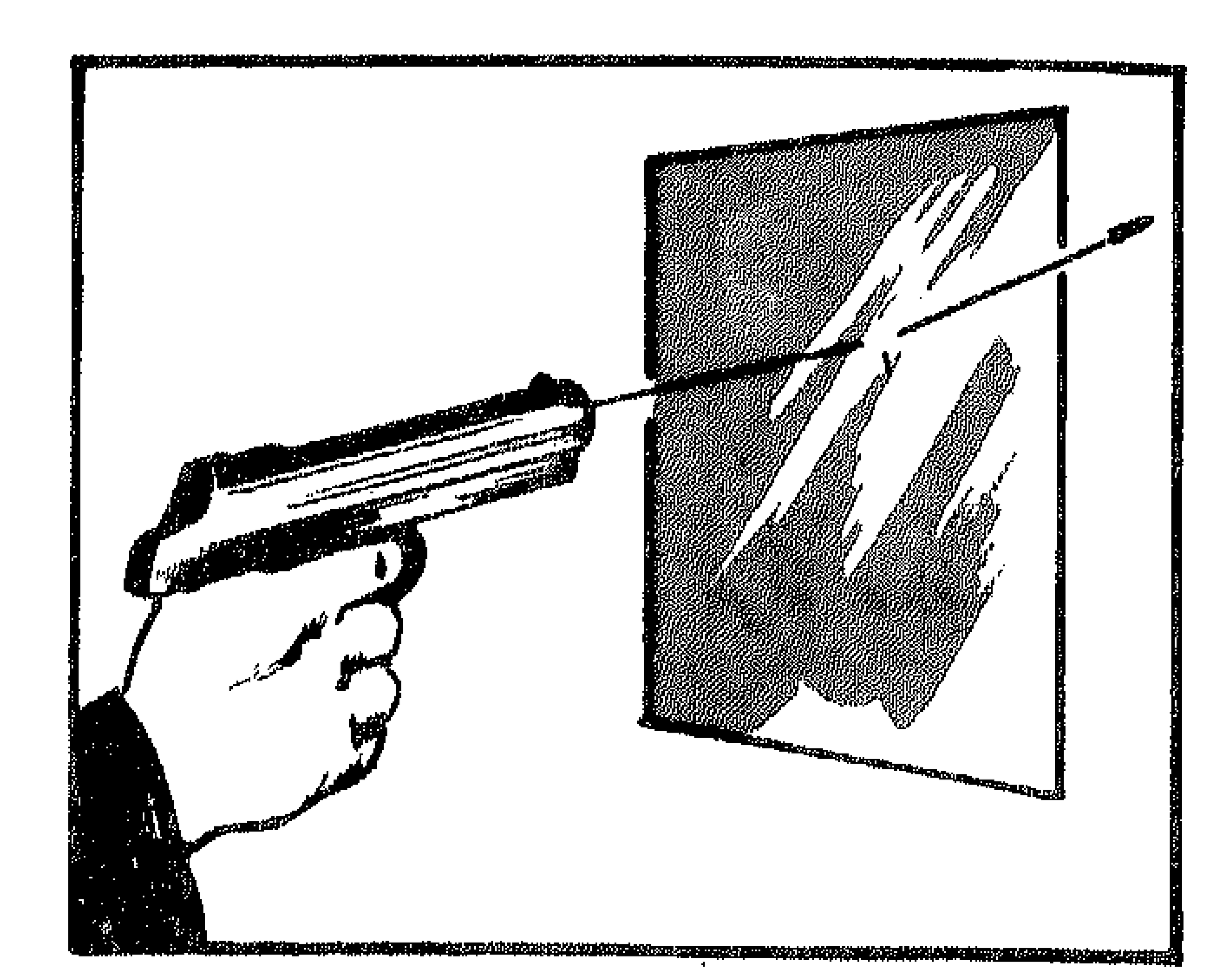
تزود بيوت المناطق الباردة غالباً بنوافذ مزدوجة . إن الهواء الموجود فى الفراغ بين لوحى الزجاج يحول دون تسرب البرد داخل المبانى ، ودون تسرب الحرارة إلى الخارج



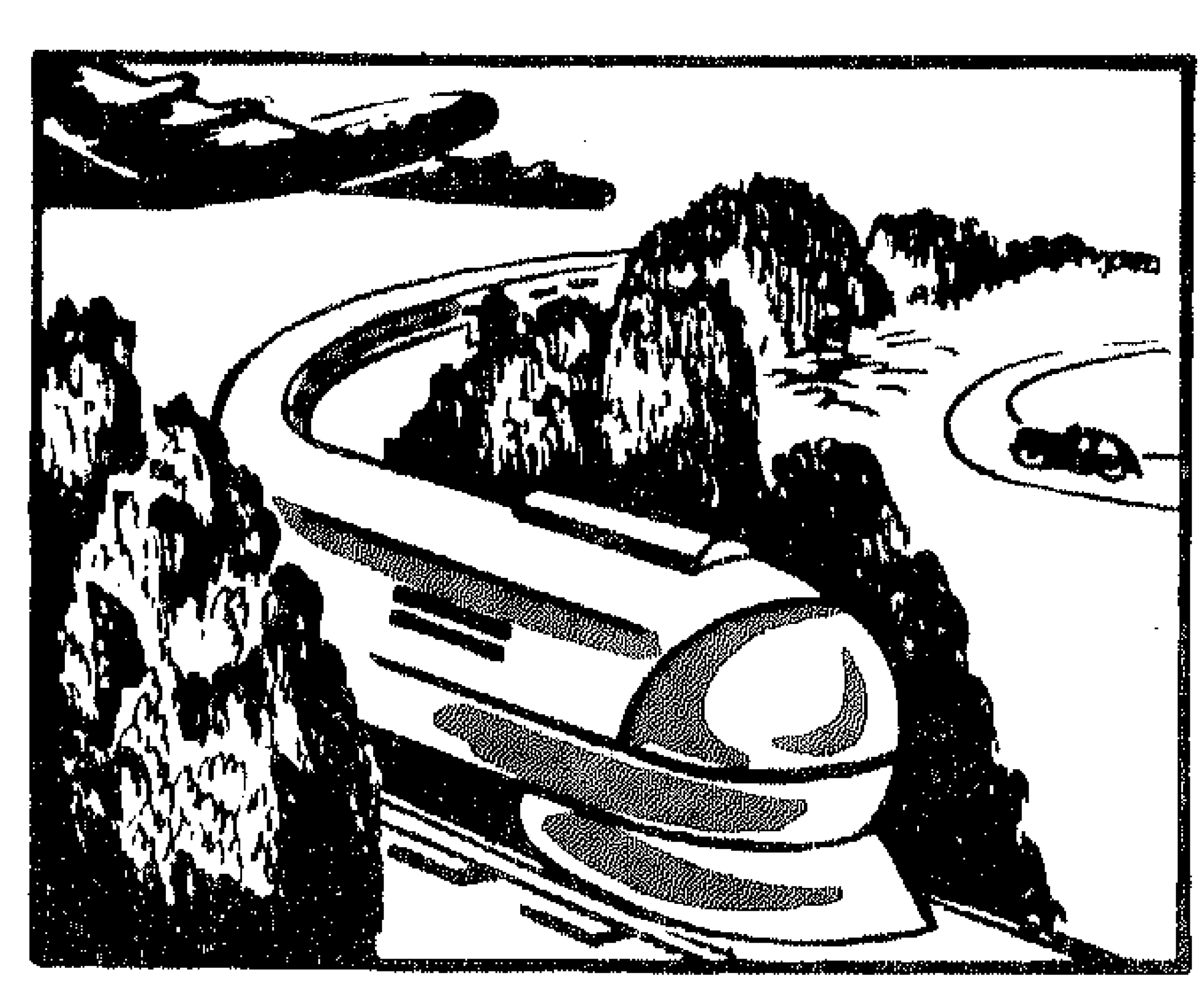
صفائح من الزجاج تبطن سقف ممر لنكولن الذى يوصل بين نيويورك ونيوجيرسى تحت نهر هدسون



يستخدم الزجاج نصف الشفاف فى جدران المستشفيات والمدارس وغيرها من المبانى . إن الضوء ينفذ منه ، ولكنه ليس شفافاً بحيث يسمح برؤية ما وراءه من أشياء



ويصنع الزجاج الذى يقاوم الطلقات النارية على غرار الزجاج الواقى ، غير أن عدد طبقات الزجاج والبلاستيك هنا يزيد كثيراً على عددها فى الزجاج الواقى .



تصنع نوافذ السيارات وقطارات سكك الحديد والطائرات من الزجاج الواقى . وهذا النوع من الزجاج عبارة عن طبقتين رقيقتين من الزجاج ، يملأ الفراغ الذى بينهما طبقة من البلاستيك المتين الجامد ، وقد صمم هذا النوع بحيث تتماسك كل هذه بعضها ببعض إذا كسر الزجاج

والزجاج المسق أو المطوع ، زجاج ثقيل الوزن ويستخدم غالباً كجزء فى جدار أو باب أحد المبانى العامة إنه يستطيع مقاومة الحرارة العالية والبرودة الشديدة ، كما يقاوم الضغط والصدمات العنيفة

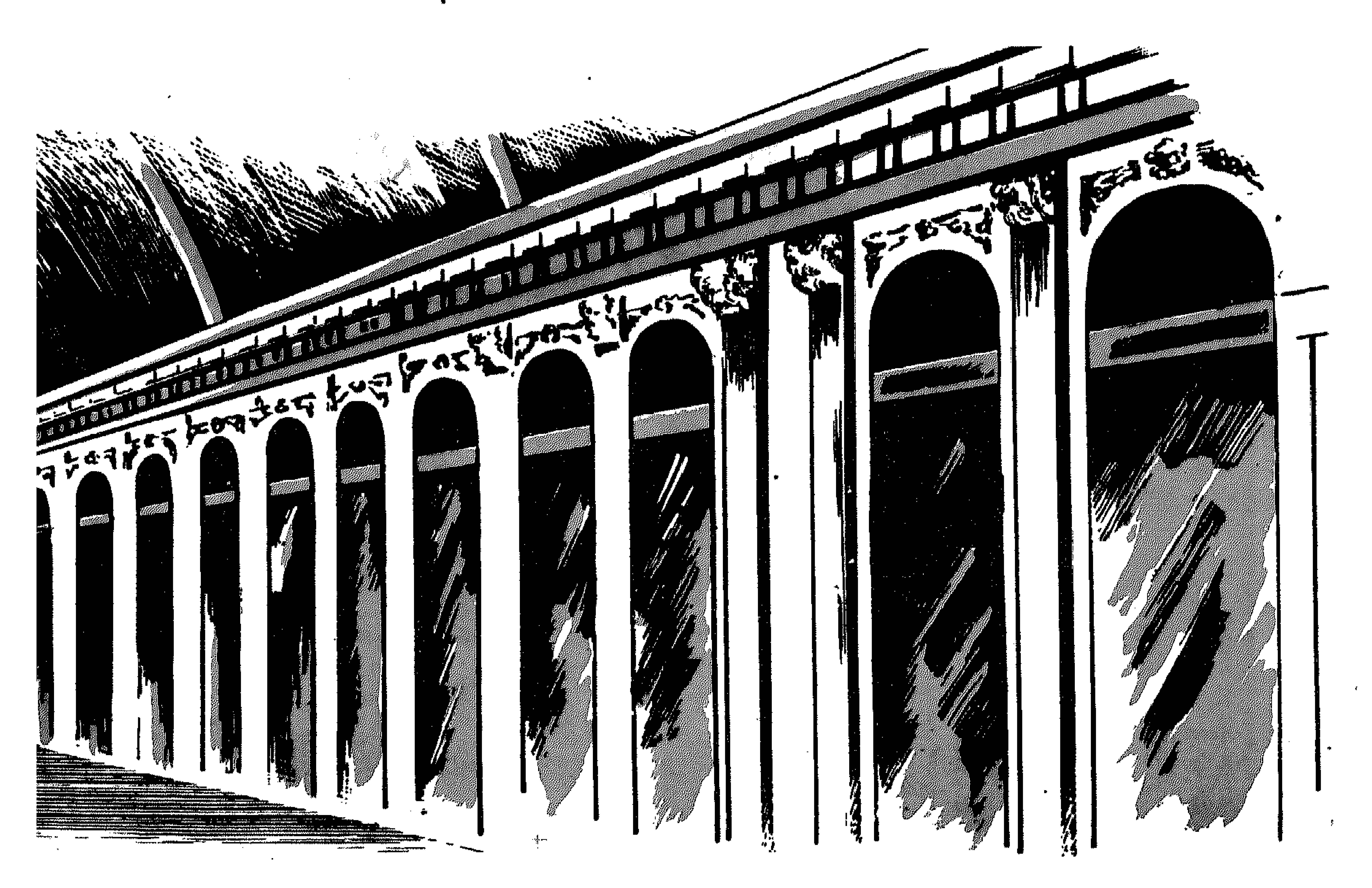
الزجاج الذى نرى أنفسنا فيه

هل تعرف شكلك ؟ طبعًا ! لأنك تستطيع أن ترى نفسك فى مرآة صافية جيدة تبين لك صورتك على حقيقتها تمامًا .

والمرآة الحديثة إن هى إلا قطعة مستوية من الزجاج الجيد الأملس ، طلى وجه واحد من وجهيها بطبقة رقيقة من الفضة . فعندما تبعد عنك ذلك الوجه الفضى تستطيع أن ترى خلال الزجاج ، ولكنك لا تستطيع أن ترى خلال المعدن الذى خلفه . إن الفضة تلتقط صورتك ثم تعيدها إليك ثانية من خلال الزجاج .

وقد مر على الإنسان حين من الدهر لم يكن لديه فيه مرايا على الإطلاق سوى صفحات المياه الهادئة الصافية . ثم تعلم الناس كيف يلمعون المعدن ويستخدمون وجهه اللامع مرآة . غير أن مرآة المعدن كانت تعكس غالبًا صوراً مهزوزة غير واضحة .

وأول من صنع المرايا الجيدة من الزجاج هم أهل البندقية . وكان ذلك فى خلال العصر الذهبى الثانى للزجاج . وكانت المرايا دقيقة صغيرة الحجم ولكنها كانت تباع بأسعار



مرتفعة جداً ، وكانت سيدات الطبقات الغنية يلبسن المرايا ويتحلين بها وهى تتدلى من أحزمتهن . وكان النبلاء يمتلكون دبابيس مصنوعة من المرايا يربطون بها ريش قبعاتهم .

وقد حاولت دول أخرى أن تقف على سر صناعة المرايا من أهل البندقية ، ونجحت فرنسا فى ذلك أخيراً . ولم تمض سنوات قليلة حتى استطاعت فرنسا أن تصنع مرايا أكثر جمالاً وأكبر حجماً من كل المرايا التى صنعها أهل البندقية من قبل، ذلك لأن الزجاج المطروق المستوى كان قد اخترع فى ذلك الوقت .

وقد حار الناس فى بداية الأمر فى أمر هذه المرايا، فلم يعرفوا على وجه التحديد ماذا يصنعون بها . ولكن الملك لويس الخامس عشر ملك فرنسا بين للعالم أن المرايا يمكن أن تزين جدران الحجرات من الداخل، تماماً كما كانت المرايا الصغيرة تزين قبعات الرجال .

وقد استخدم صفوفاً من المرايا الكبيرة المتراصة فى تغطية جدار واحد من جدران البهو الضخم فى قصره بفرساى . فلما رأى الناس بهو المرايا الجميل هذا ، تهافتوا على المرايا الكبيرة كى يستخدموها فى بيوتهم .



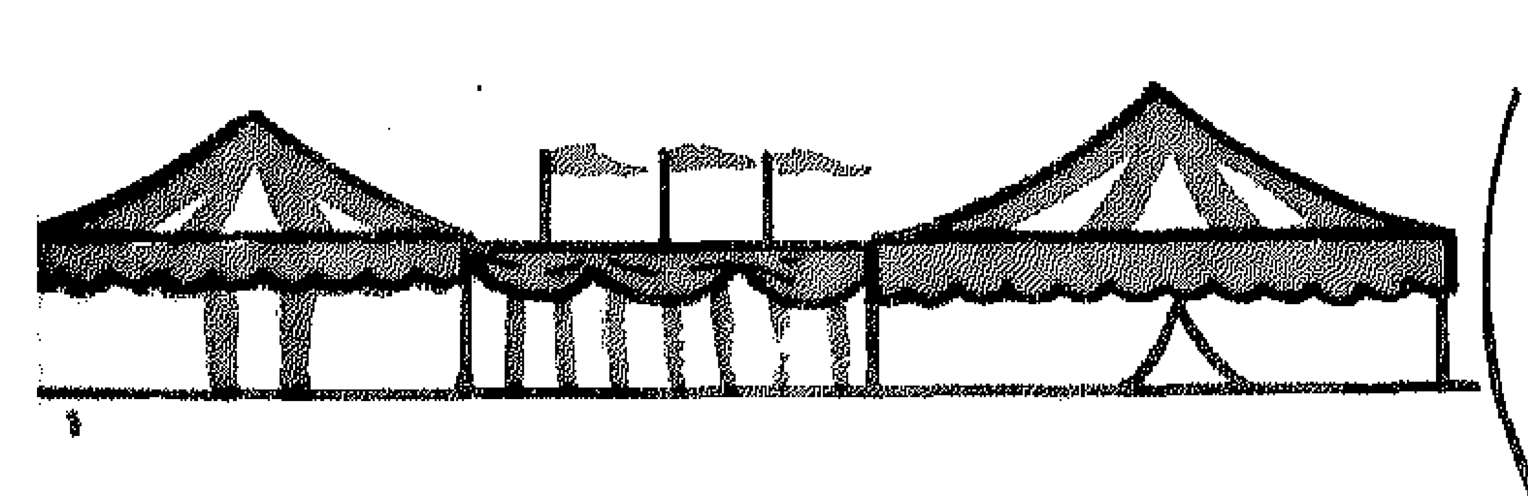
وقد أصبحت المرايا اليوم رخيصة بحيث يستطيع كل بيت أن يقتنى منها الشيء الكثير . فالرجل يحلق ذقنه فى مرآة صغيرة مستديرة ، والمرأة تستخدم المرآة حين تتزين . وإذا وضعت مرآة فى مكان مظلم من حجرة خيل إلينا أنها تجلب إليه شيئاً من الضوء . وإذا غطى جدار فى حجرة بالمرايا ، خيل إليك أنها أكبر مساحة من حقيقتها . أما إذا وضعنا مرآة شفافة فى باب بيت من البيوت أو فى أحد المساكن تمكن أهل البيت من أن يروا زوارهم قبل أن يفتحوا لهم الباب . إن المرآة الشفافة لا تعكس الضوء إلا إذا نظرت إليها من مكان فيه ضوء كقاعة أو صالة فى بيت مثلاً . غير أن المعدن الذى يبطن وجهها الآخر طبقة رقيقة ، ولذا فإنك تستطيع أن ترى مباشرة من خلال هذا الجانب إذا لم يكن هناك كمية كافية من الضوء داخل البيت ، وتصبح المرآة فى هذه الحالة وكأنها قطعة عادية من الزجاج .

ويستخدم طبيب الأسنان مرآة صغيرة رقيقة مكبرة عند ما يفحص أسنانك . وأكبر مرآة فى العالم — ويبلغ عرضها ٥٠ متراً تقريباً ووزنها عشرين طناً — هى جزء من أجزاء أكبر تلسكوب فى العالم . ويوجد هذا التلسكوب فى مرصد مونت بالومار فى مدينة كاليفورنيا .

ولدينا اليوم المرايا الخداعة أيضاً بمختلف صورها وأشكالها . فالمرايا الوردية أو التى تطلى بماء الذهب تجعل الإنسان يبدو وسيماً فى صحة جيدة . أما المرايا التى تجعل الناس يبدون مشوهين فإنها غالباً جزء من ركن الفكاهة فى معرض أو سيرك .

ولا شك أنك لا تعتقد ، كما كان الناس يعتقدون قديماً ، أن الصورة فى المرآة إنما هى روح تموت إذا كسرت المرآة . ولكن ألم تشعر فى يوم من الأيام برغبة







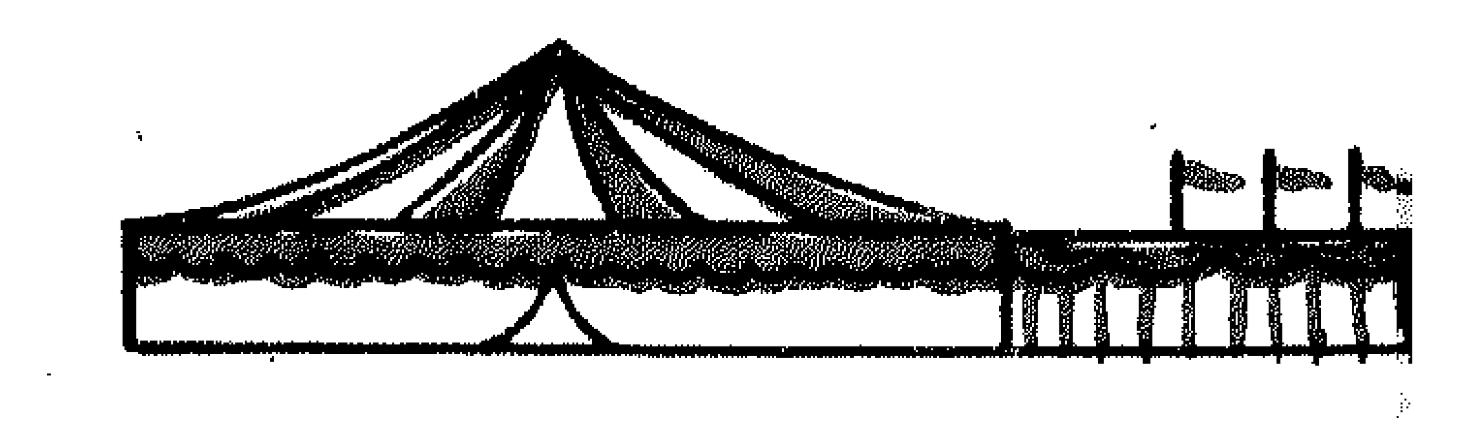
فى الحصول على مرآة سحرية تريك العالم بأسره ، كما فعلت أليس حينما اقتحمت الزجاج فى قصة لويس كارول الشهيرة « من خلال المرآة » ؟

زجاج نرى به

إن بعض الناس الذين ينظرون إلى هذه الصفحة من الكتاب لا يستطيعون رؤية الكلمات بوضوح بغير مساعدة النظارة – وهى عبارة عن زوج من قطع صغير من الزجاج المستدير نسميها عدسات . ولكنك لا تستطيع أن تعثر على إنسان واحد فى العالم كله يستطيع أن يرى بوضوح ميكروبًا صغيراً دقيقًا أو فوهة بركان عبر الفضاء فوق سطح القمر ، دون مساعدة .

وهناك نوعان من العدسات : أحدهما يتخذ هذا الشكل ⬭ ويسمى عدسة مكبرة . إنها تجعل الأشياء تبدو أكبر وأقرب مما هى . أما الثانى فشكله هكذا ⌴ ويسمى عدسة مصغرة . إنها تجعل الأشياء تبدو أصغر وأبعد من حقيقتها .

يحدث أحيانًا أن يستخدم الفنان عدسة مصغرة ينظر خلالها إلى لوحاته كى يراها بعيدة عنه فيتصور وضعها عندما تعلق هذه اللوحات فى قاعة كبيرة أو متحف . وفى بعض الأحيان تتحد عدسة مصغرة مع عدسة مكبرة للحصول على أجهزة علمية من نوع معين .





ومنذ ٣٥٠ سنة وضع العلامة الإيطالى جاليليو عدة عدسات بعضها مع بعض داخل أنبوبة طويلة ليصنع منها أول تلسكوب فى العالم . وقد استطاع جاليليو أن يرى خلاله أشياء فى الفضاء لم يرها الناس من قبل . كان النـــاس يعتقدون فى تلك الأيام أن الأرض ثابتة لاتتحرك وأن الشمس هى التى تدور حولها . ولكن جاليليو أثبت بما رآه خلال تلسكوبه أن الأرض هى التى تدور حول الشمس . ونحن اليوم نعلم الشيء الكثير عن الفضاء الذى حول الأرض وعن عدد النجوم التى لا حصر لها فى السماء، ذلك لأننا نستطيع أن ندرسها خلال تلسكوباتنا الضخمة الحديثة .

واستطعنا أيضا بعد اختراع آلة التصوير أن نحصل بسهولة على صور فوتوغرافية نتمتع بها فى كتاب أو مجلة أو جريدة ، أو على شاشة السينما ، أو التليفزيون . ولكن الكاميرا بدورها تحتاج إلى عدسات هى الأخرى .

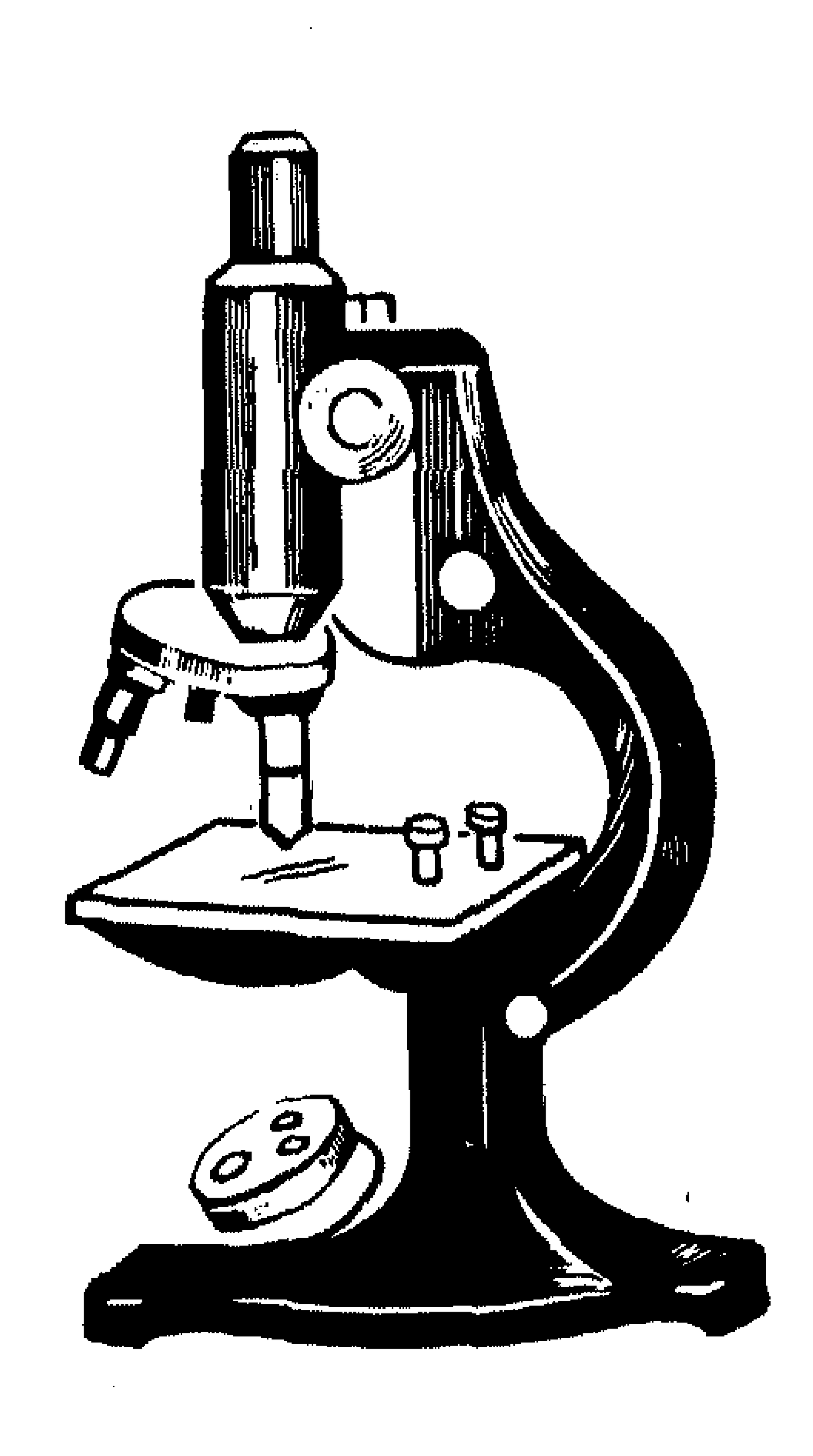
ولا تزال هناك أمامنا طريقة هامة أخرى نستخدم فيها العدسات ، ولعلها أهم باب تستخدم فيه . إننا نستخدم العدسات فى صناعة الميكروسكوبات .

منذ ثلاثة قرون مضت نظر تاجر أقمشة هولندى إلى قطرة من الماء خلال عدسة صغيرة صنعها هو لنفسه ، كان اسمه أنطون دان ليوفنهوك ، وكانت عدسته هذه أول ميكروسكوب يخترعه العالم . وبوساطة هذا الميكروسكوب ، وفى تلك القطرة الواحدة من الماء ، رأى أنطون مخلوقات دقيقة جداً تتحرك سماها هو (الوحوش) الصغيرة . وكانت هذه الكائنات تثير فيه اهتماماً كبيراً ، ولذلك لم يقض على أية واحدة منها . فكان يصنع ميكروسكوباً جديداً كلما أراد أن ينظر إلى قطرة جديدة من الماء . وأخيراً امتلأ بيته بالميكروسكوبات ولكنه لم يدر تماماً أهمية (وحوشه) هذه التى اكتشفها .

ومضى على هذا الحدث مائتا عام قبل أن يكتشف العلامة الكبير لويس باستور أن هذه (الوحوش) التى نسميها نحن ميكروبات تستطيع تخمير اللبن والبيرة والنبيذ ، كما اكتشف أيضاً أنها تسبب الأمراض .

وأصبح الأطباء اليوم يستطيعون شفاء الأمراض أو يتقون الإصابة بها كلية ، لأنهم تعلموا الشيء الكثير عن هذه الميكروبات بعد أن درسوها تحت ميكروسكوبات قوية ضخمة .

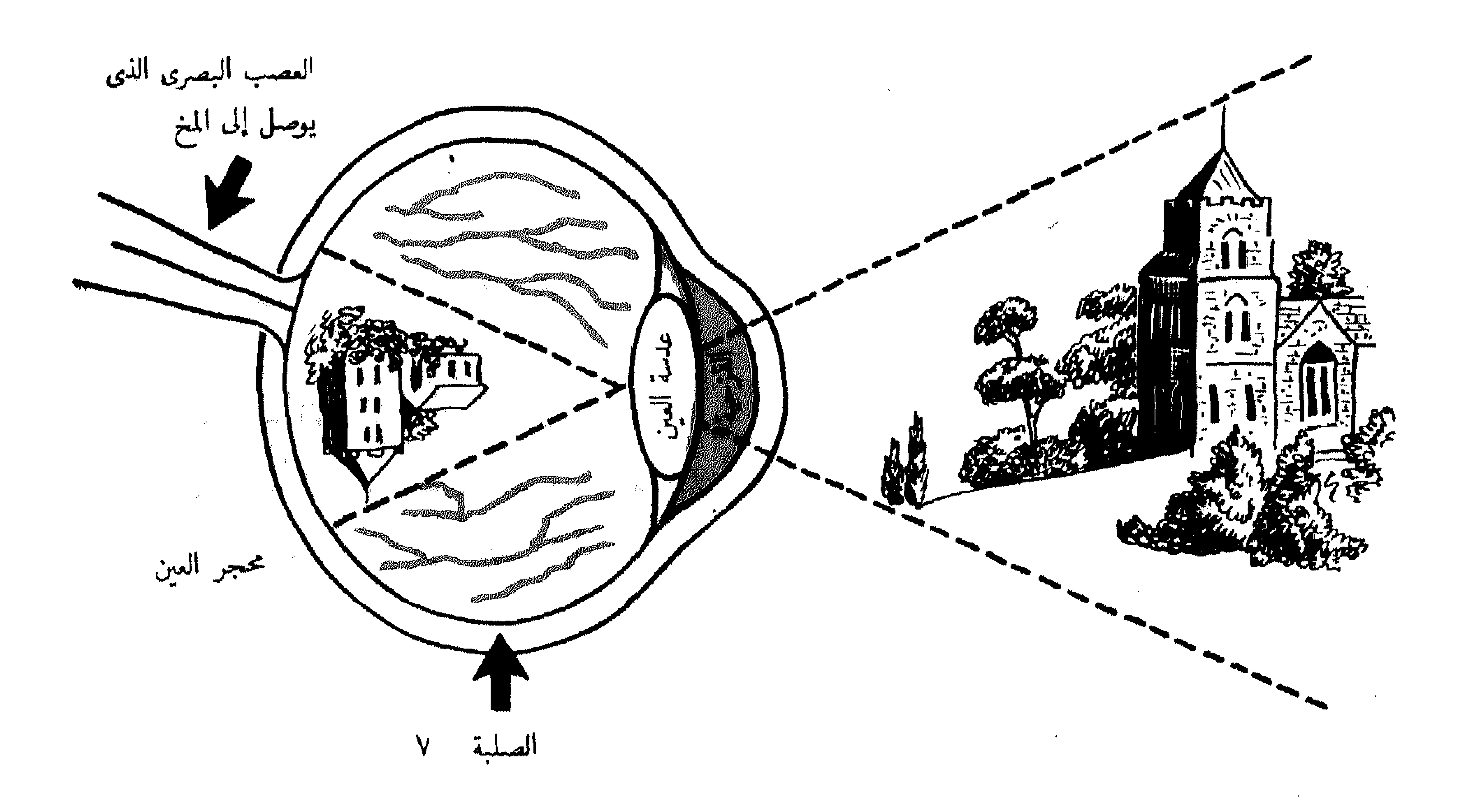
وأصبح العلماء أيضاً يدرسون المعادن والتربة والنبات وجسم الإنسان تحت الميكروسكوب . وهذا الذى يدرسه الأطباء يساعد الآباء على توفير حياة صحية لعائلاتهم ، كما يساعد الفلاحين على زراعة نباتات أفضل والحصول على محصولات أوفر ، ويساعد الصناع فى الحصول على منتجات أحسن .



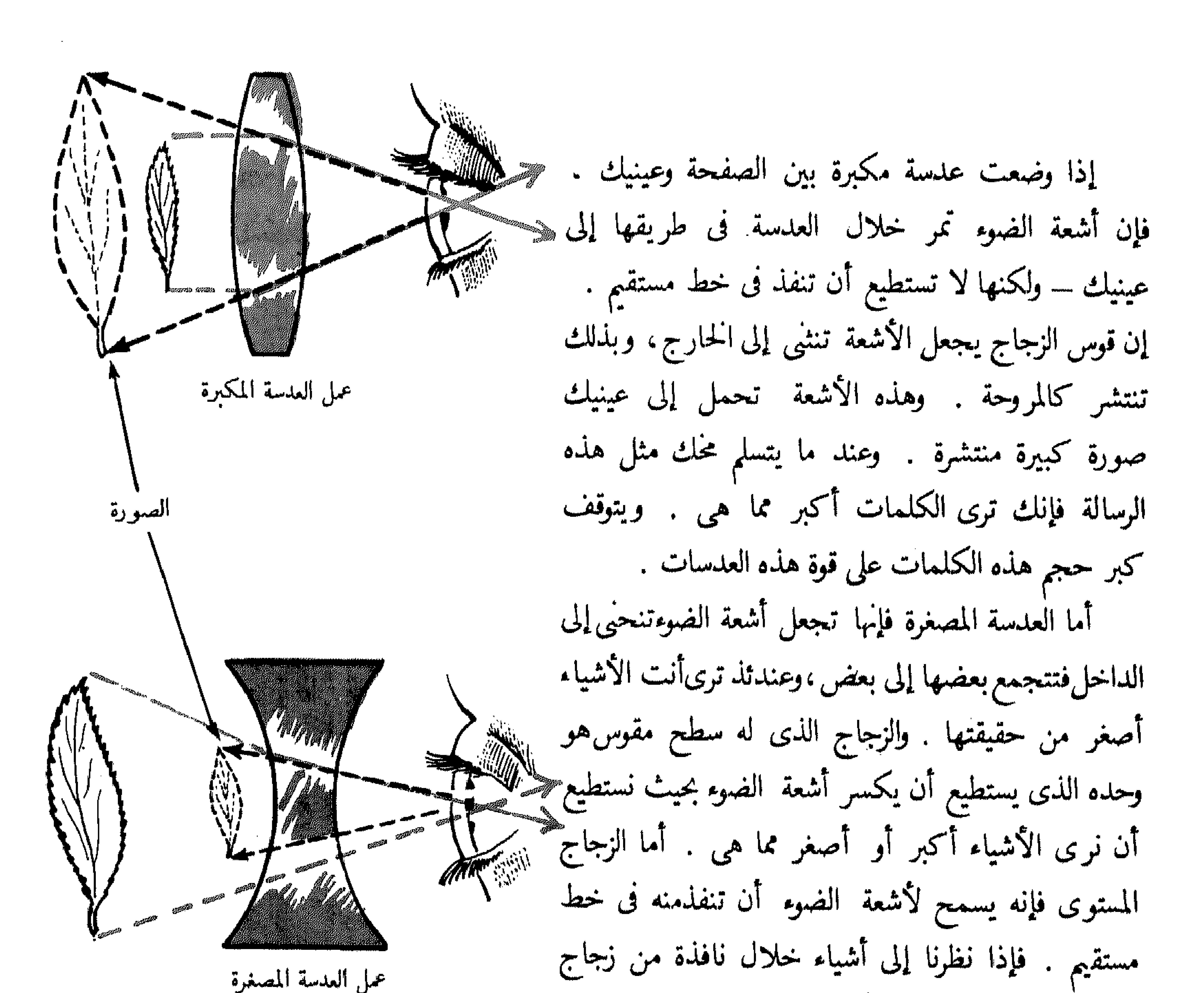
كيف تؤدى العدسة عملها

لكى نفهم عمل العدسة ، يجب علينا أن نعرف ما يحدث عند ما نرى الشىء نفسه بدون عدسة . ماذا يحدث – مثلا – عند ما تنظر إلى الكلمات على هذه الصفحات ؟ .

يلمس الضوء هذه الصفحة ثم يبعد عنها أو ينعكس عنها صوب عينيك ، وعندما تصل أشعة الضوء هذه إلى عينيك ، تتكون منها صورة صغيرة لهذه الصفحة على الأعصاب التى توجد خلف عينيك . وهنا ترسل هذه الأعصاب رسالة عن هذه الصورة إلى مخك . فإذا تسلم المخ هذه الرسالة ، فإنك ترى الكلمات المكتوبة على هذه الصفحة .



٧



عمل العدسة المكبرة

عمل العدسة المصغرة

إذا وضعت عدسة مكبرة بين الصفحة وعينيك . فإن أشعة الضوء تمر خلال العدسة فى طريقها إلى عينيك — ولكنها لا تستطيع أن تنفذ فى خط مستقيم . إن قوس الزجاج يجعل الأشعة تنثنى إلى الخارج ، وبذلك تنتشر كالمروحة . وهذه الأشعة تحمل إلى عينيك صورة كبيرة منتشرة . وعند ما يتسلم مخك مثل هذه الرسالة فإنك ترى الكلمات أكبر مما هى . ويتوقف كبر حجم هذه الكلمات على قوة هذه العدسات .

أما العدسة المصغرة فإنها تجعل أشعة الضوء تنحنى إلى الداخل فتتجمع بعضها إلى بعض ، وعندئذ ترى أنت الأشياء أصغر من حقيقتها . والزجاج الذى له سطح مقوس هو وحده الذى يستطيع أن يكسر أشعة الضوء بحيث نستطيع أن نرى الأشياء أكبر أو أصغر مما هى . أما الزجاج المستوى فإنه يسمح لأشعة الضوء أن تنفذ منه فى خط مستقيم . فإذا نظرنا إلى أشياء خلال نافذة من زجاج صاف ، فإننا نرى هذه الأشياء بحجمها الحقيقى .

أشكال مختلفة لعدسات عادية بسيطة

قد تكون العدسات المستخدمة فى عمل النظارات أحيانًا عدسات مكبرة . وهذه يستخدمها طوال النظر . فإذا لم يستخدم هؤلاء الناس نظارات ، فإنهم لا يستطيعون أن يروا بوضوح إلا تلك الأشياء البعيدة عنهم . أما إذا استخدموا العدسات المكبرة فإنهم يستطيعون رؤية الأشياء القريبة أيضًا .

وهناك نوعان للعدسات المكبرة ، أحدهما أقوى من الآخر . وهذان النوعان قد يستخدمان أحيانًا فى عمل نظارة واحدة . ويطلق على هذا النوع من العدسات المزدوجة (بيفوكال) أى العدسات الطبية التى تستعمل للقراءة والرؤية فى وقت معا . وقد اخترع هذا النوع من العدسات بنيامين فرانكلين .

أما قصار النظر الذين يتعذر عليهم رؤية الأشياء البعيدة بوضوح ، فإنهم يفيدون كثيراً من النظارات التى تتركب من عدسات مصغرة إذ أنها تفيدهم فائدة كبيرة .

والزجاج الذى يستخدم فى صنع العدسات ينبغى أن يكون نقيًا صافيًا جداً . فإذا كانت فيه فقاعة هوائية واحدة أو إذا احتوى على ذرة ولو صغيرة جداً من السيليكا غير الذائبة ، كانت العدسات سيئة رديئة . ولذلك فإن الزجاج الذى يستخدم فى صنع العدسات يسمى الزجاج الطبى .

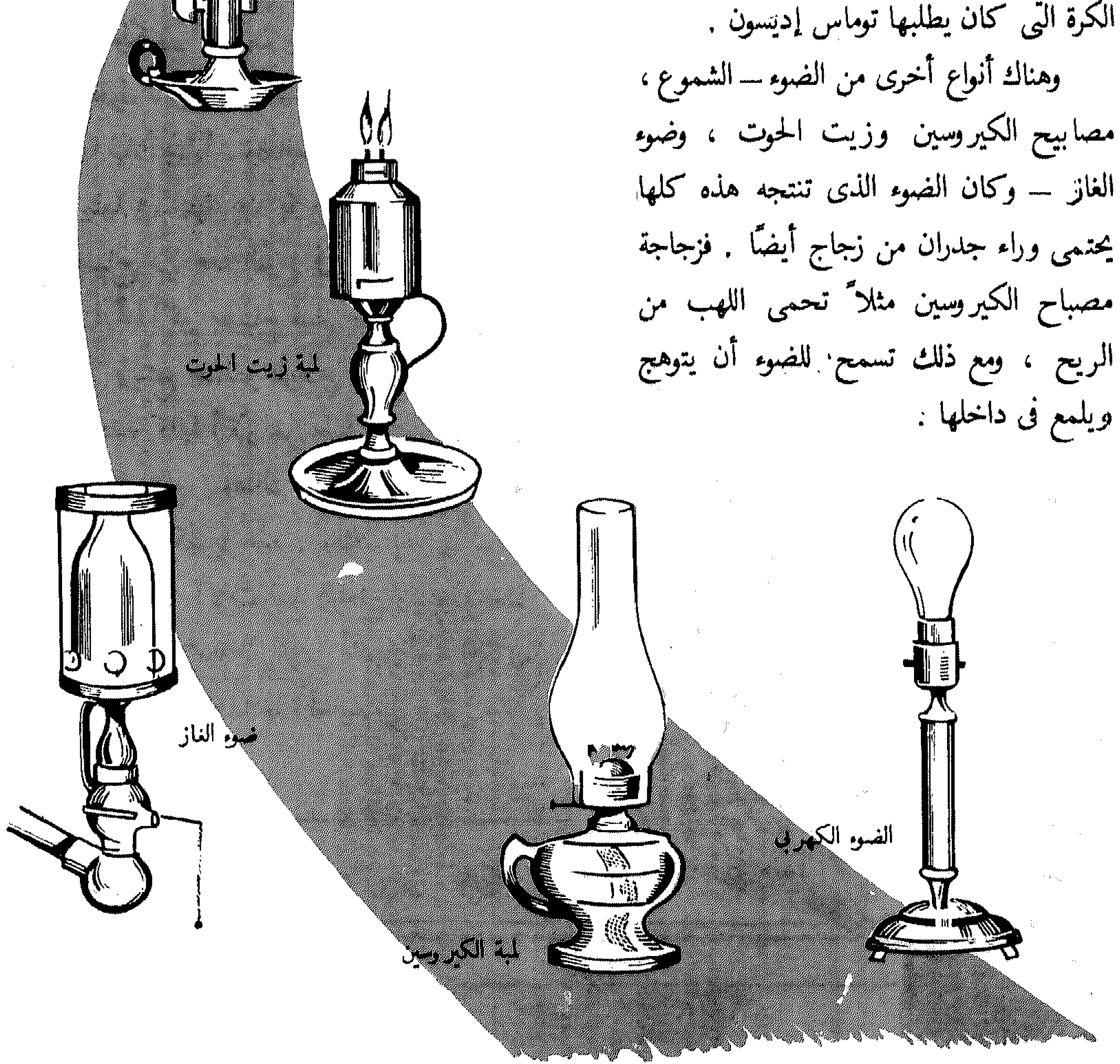
الضوء داخل الزجاج

هل تعلم أن توماس إديسون ما كان فى استطاعته أن يخترع الضوء الكهربى لو لم يكن لديه كرة من زجاج يضع فيها هذا الضوء ؟ . لقد أنتج هذا الضوء بتسخين سلك رفيع يسمى السلك الحرارى بتيار كهربى . ولكى يمنع هذا السلك من الاحتراق ، بدلا من أن يستمر مضيئًا كان عليه أن يضعه فى فراغ — أى فى مكان مغلق مفرغ من الهواء . وكان يجب أن تسمح الجدران التى تغلف هذا الفراغ للضوء أن يستمر لامعًا وهاجًا فى داخلها . وكان الزجاج هو المادة الوحيدة التى تكون فراغًا محكمًا لا ينفذ إليه الهواء ، تحيط به جدران شفافة لحماية هذا السلك المتوهج .

وفى سنة ١٨٧٩م طلب إديسون من أحد المصانع المنتجة له كرة ذات حجم معين وشكل خاص . وأنتج نافخو الزجاج ١٦٠ كرة، ولكن لم تصلح واحدة منها على الإطلاق .

وحدث أن التقط صبى فى الخامسة عشرة من عمره يدعى فريد ديورلين وكان يعمل مساعداً لأحد رؤساء العمال فى مصانع الزجاج ، كرة من عجينة الزجاج فى نهاية أنبوبة من أنابيب النفخ ، ثم نفخ فيها ، واستطاع أن ينفخ نفس الكرة التى كان يطلبها توماس إديسون .

وهناك أنواع أخرى من الضوء — الشموع ، مصابيح الكيروسين وزيت الحوت ، وضوء الغاز — وكان الضوء الذى تنتجه هذه كلها يحتمى وراء جدران من زجاج أيضًا . فزجاجة مصباح الكيروسين مثلاً تحمى اللهب من الريح ، ومع ذلك تسمح للضوء أن يتوهج ويلمع فى داخلها :

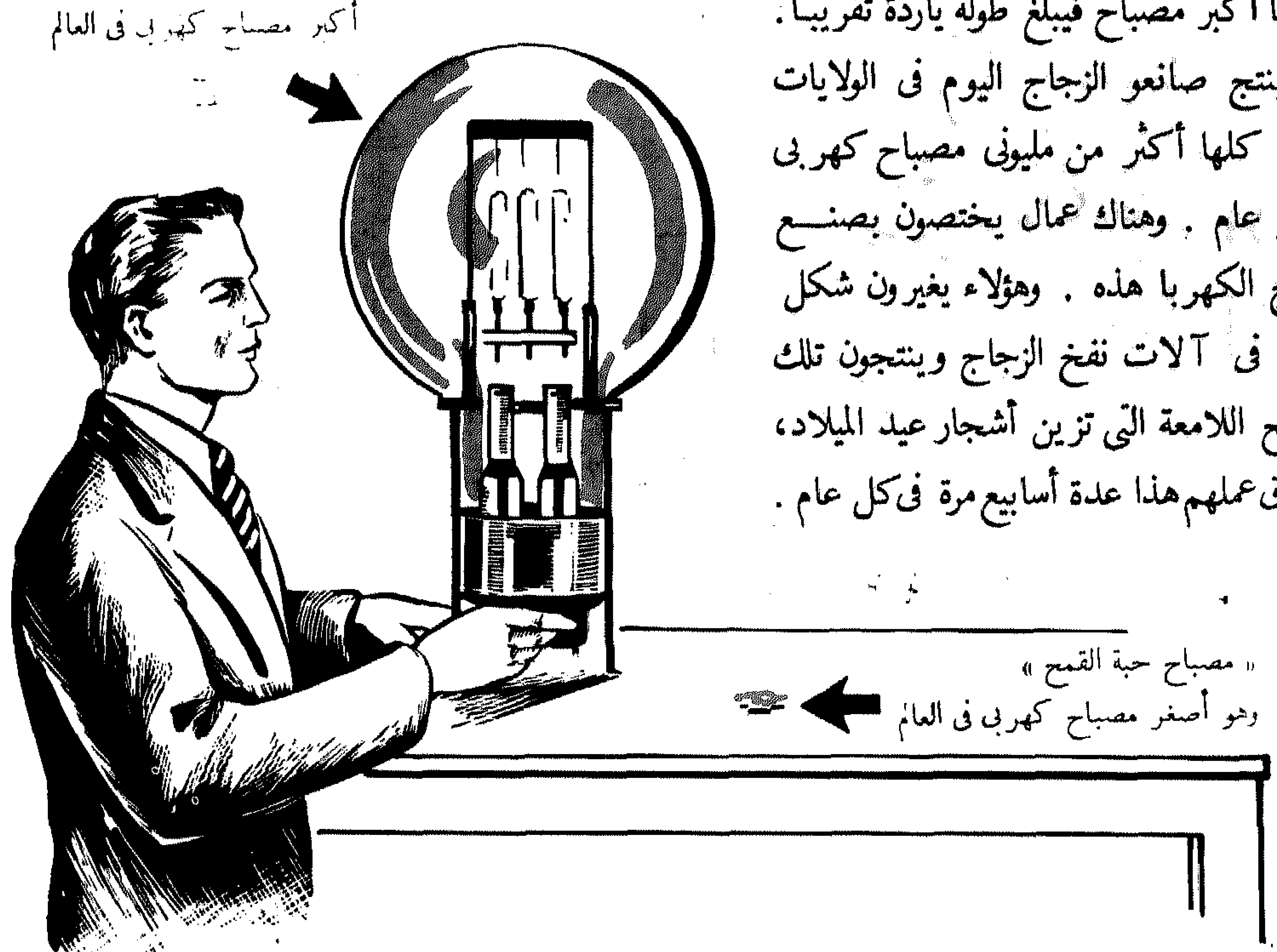



وقد ساعد صانعو الزجاج كثيرين من المخترعين الذين كانوا فى حاجة إلى أنواع خاصة من الزجاج لألوان مختلفة من الضوء – مصابيح الفلاش للمصورين ، مصابيح الشمس ، ضوء الفلورسنت ، أنابيب النيون ذات الألوان البهيجة ، أنوار الإشارات الملونة فى طرقات سكك الحديد والسيارات . وهذا النوع من المصابيح لا يكسر .

ولكنهم ينتجون يوميًّا عدداً وافراً من المصابيح الكهربية العادية تضىء لنا المدن والحقول ، والمستشفيات ودور السينما والمسارح ، وكل المكاتب والمصانع التى يستمر العمل فيها ليلاً ونهاراً . وصانعو الزجاج أيضًا ينتجون مصابيح دقيقة الصنع صغيرة الحجم يمكن تثبيتها فى نهاية بطارية صغيرة يضعها الطبيب داخل فمك ليفحص لوزتيك ، وأصغر مصباح من هذا النوع فى العالم لايزيد فى حجمه كثيراً على حبة من حبات الرز .

أما أكبر مصباح فيبلغ طوله ياردة تقريبًا .

وينتج صانعو الزجاج اليوم فى الولايات المتحدة كلها أكثر من مليونى مصباح كهربى فى كل عام . وهناك عمال يختصون بصنع مصابيح الكهربا هذه . وهؤلاء يغيرون شكل القوالب فى آلات نفخ الزجاج وينتجون تلك المصابيح اللامعة التى تزين أشجار عيد الميلاد ، ويستغرق عملهم هذا عدة أسابيع مرة فى كل عام .





استخدام الزجاج فى الزينة





زجاجة صنعت خصيصاً للاحتفال بافتتاح قناة إيرى فى عام ١٨٢٥

الإلهة ثونيريس
صنع هذا التمثال فى مصر
حوالى ٣٣٠ ق . م .

حذاء أنتجته مصانع زجاج ساندوتش

خيوط الزجاج :

فى أثناء الحرب العالمية الأولى خدم وطنيان إنجليزيان بلادهما عند ما عملا فى صمت وهدوء فى مصنع صغير عجيب الشأن . لم يكن فى هذا المصنع من الآلات والعدد سوى دراجة قديمة . كان أحدهما يدير بدالها طول النهار . لقد انقطع لهذا العمل وكان لا يغادر هذا المكان إطلاقاً . وكانت دراجته مثبتة فى أرض المصنع ، وعجلتها الخلفية مرتفعة قليلاً فى الهواء . وكان الرجل الثانى يقف خلف زميله الأول حاملاً فى يده قضيباً من الزجاج تحته لهب من النار . وكان هناك خيط من الزجاج يخرج من نهاية القضيب الذائب . وهذا الخيط كان يثبت فى العجلة الخلفية للدراجة . وكان راكب الدراجة يدير بدالها ساعات وساعات لا يتوقف . وكلما مر الزمن كلما لفت خيوط الزجاج الرقيق الناعم الذى يخرج من هذا القضيب الذائب البطىء حول ملف أو (ماكوك). وبعد ذلك كان هذان المواطنان يجمعان هذه الخيوط الزجاجية فى شكل حصير كان يستخدم بدلا من مادة الاسبستوس ، وهو معدن يقاوم النيران كان نادر الوجود فى ذلك الوقت .

ولم يكن هذان الرجلان هما أول الرواد الذين حاولوا الحصول على الزجاج فى شكل

تستخدم خيوط الزجاج فى تقوية اللعب المصنوعة من البلاستيك كما تستخدم فى تقوية آلاف من الأشياء الأخرى المصنوعة من البلاستيك.



جدائل رقيقة بدرجة يمكن بها أن تنثنى وأن تلتوى وأن تكون طيعة ينسج منها القماش .
وبعد هذين الرجلين كانت هناك تجارب كثيرة أخرى استمرت سنين طويلة ، وأخيراً توصل الناس إلى إدراك الطريقة التى ينتجون بها تلك الكميات الضخمة من خيوط الزجاج وشعيراته التى ينتجها العالم اليوم . وكانت أكبر عقبة هى الحصول على خيوط رقيقة تستمر مرنة لينة حتى بعد أن تبرد. وكان صانعو الزجاج على ثقة من تحقيق هذا الهدف، كما أدركوا من قبل أن غيرهم قد استطاع الحصول على الصلب فى شكل جدائل وشعيرات لينة من أسلاك الصلب . غير أن الحل النهائى جاء متأخراً جداً .

كانت هناك فئة قليلة من صانعى الزجاج — وهم الذين حاولوا من قبل الحصول على خيوط الزجاج — يأملون أن يتوصلوا فى يوم من الأيام إلى إنتاج قماش جميل لامع منسوج من الزجاج ، ولكن هؤلاء كان لهم هدف عملى أبعد من هذا الهدف، ومثلهم فى ذلك مثل هذين العاملين الإنجليزين اللذين أشرنا إليهما من قبل . كان هدف هؤلاء أن يصنعوا خيوط الزجاج، لأنهم كانوا يعلمون أنها ستكون ذات فائدة كبيرة فى ميادين مختلفة .

فهذه الخيوط لها نفس الصفات الأساسية فى كتلة صلبة من الزجاج .

ونحن نعرف بعض هذه الصفات — فالزجاج لا يمتص الرطوبة — ولا يحترق . إنه قوى متين ، بل إنه أقوى من سلك من الصلب فى مثل حجمه . والزجاج يحول دون نفاذ الكهربة فيه — أى إنه عازل جيد للكهربة . وتستطيع حصيرة وبرية رقيقة من خيوط الزجاج أن تمنع الحرارة .

أما الأنابيب التى تمد تحت الأرض فإنها تلف بشرائط منسوجة من خيوط الزجاج . وهذا الشريط يحمى تلك الأنابيب من الرطوبة كما يحميها من الحشرات والميكروبات .

وأنابيب محركات الطيارة التى تصل حرارتها إلى درجة الاحمرار قد تسبب اشتعال النيران فى الطائرة ، ولكن أنسجة الزجاج الواقية من الحرارة التى تلف بها هذه الأنابيب تحمى الطائرة وتقيها كما تقى الركاب من أخطار الحريق .



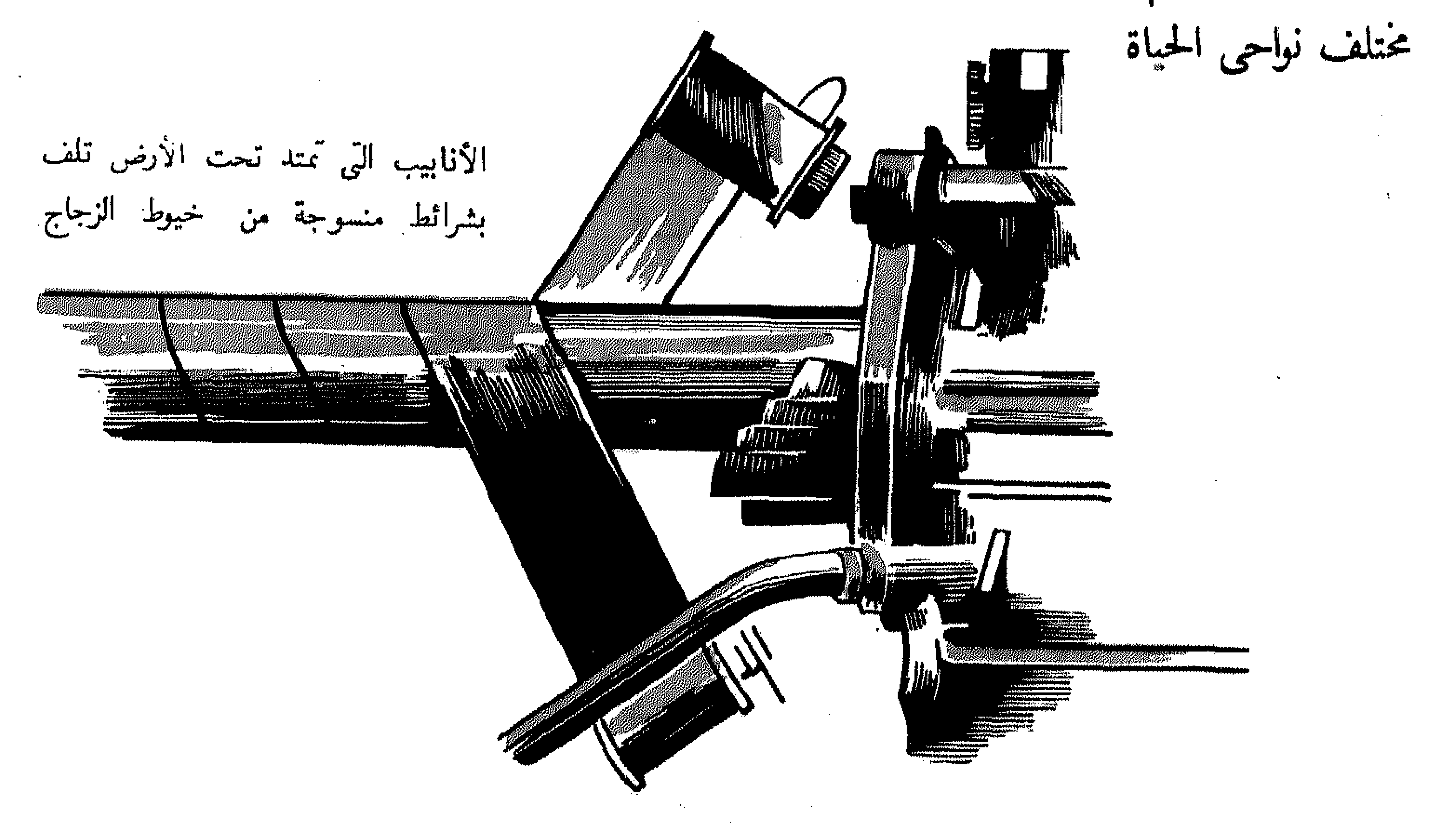
أغطية عازلة مصنوعة من نسيج الزجاج

إن القوة الكامنة فى الزجاج تجعله عظيم النفع فى صناعة البلاستيك . والبلاستيك هذا مادة كيموية يمكن تشكيلها فى أى قالب نريد . وهى مادة يمكن تلوينها بأى لون كما أنها مادة رخيصة. ولكن البلاستيك ليس قوياً جداً ، ولذلك فإنه غالباً ما توضع خيوط رقيقة من نسيج الزجاج فى القوالب قبل أن توضع فيها مادة البلاستيك نفسها لتقويتها .

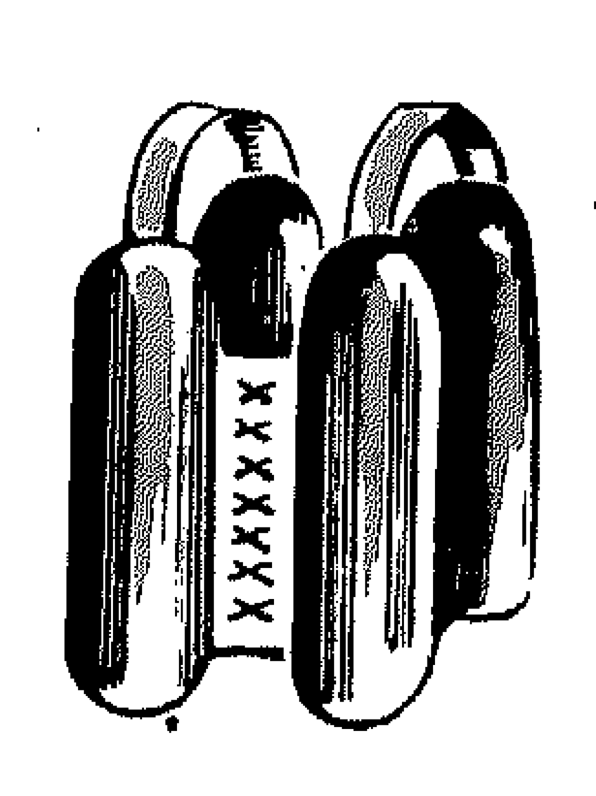
والبلاستيك الذى يتحد مع خيوط الزجاج بهذه الطريقة يسمى البلاستيك المقوى بالزجاج . وهو يستخدم فى آلاف من المنتجات فى اللعب ، والأطباق ، والخوذات الواقية ، وحقائب السفر ، وسنانير الصيد ، والقوارب ، وهياكل السيارات ، وقطع غيار الطائرات .

وتعتبر صناعة خيوط الزجاج اليوم صناعة ضخمة كبيرة ، بل إنها تعتبر أحدث صناعة من صناعات الزجاج الحديث وأكثرها أهمية وفائدة . ومع ذلك فقد بدأت هذه الصناعة ، كما بدأت صناعة الزجاج العادى نفسه ، منذ أجيال مضت ، وذلك حينما كان الفنانون القدامى يلفون خيوط الزجاج حول قوالب الرمل ليصنعوا منها زجاجات رقيقة صغيرة .

وصانعو الزجاج يفخرون بهذا التاريخ المجيد الذى مرت به صناعة الزجاج ، ولكنهم يعتقدون أيضا أن مستقبل الزجاج يحمل فى طياته مجداً يفوق ما حققته تلك الصناعة فى عهودها الماضية . إنهم يكتشفون كل يوم فوائد جديدة للزجاج ، كما يكتشفون من الأسباب الجديدة ما يجعلهم يزيدون إعجاباً بهذه المادة العجيبة التى تخدمنا خدمات جليلة فى مختلف نواحى الحياة

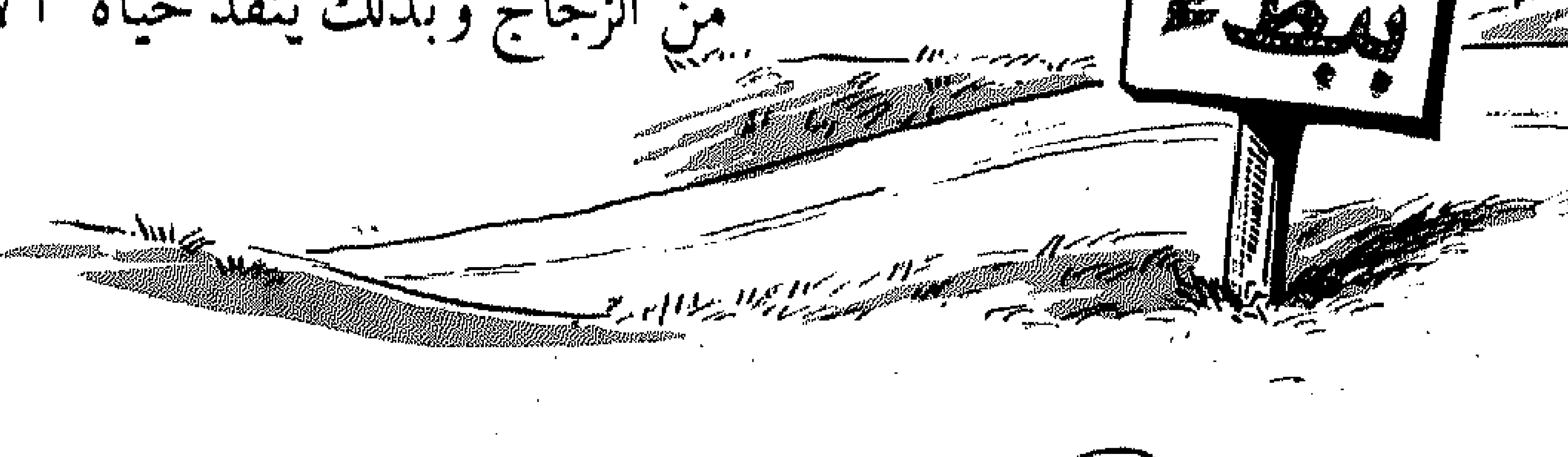


الأنابيب التى تمتد تحت الأرض تلف بشرائط منسوجة من خيوط الزجاج

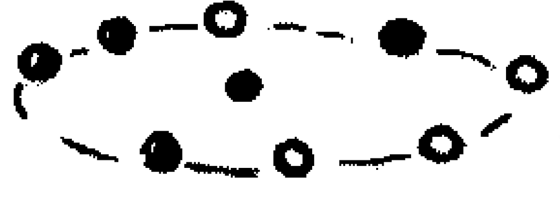


هل تعلم :

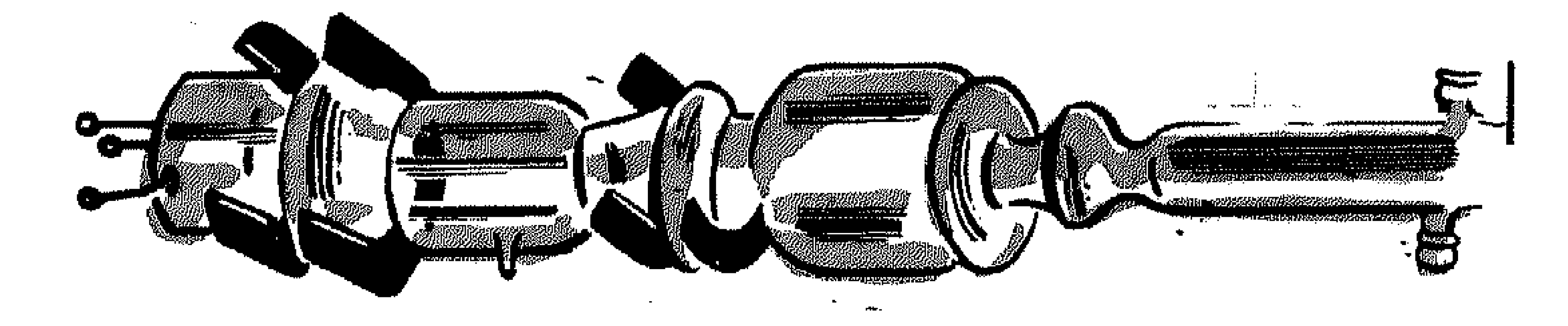
أن ثوب الوقاية من الغرق يدخل فى صناعته أنسجة من الزجاج وبذلك ينقذ حياة آلاف من الناس ؟



وأن أزراراً صغيرة من الزجاج تستخدم فى علامات المرور على طول الطريق ، وهذه تعكس ضوء السيارة وبذلك يمكن رؤيتها بسهولة فى الليل ؟



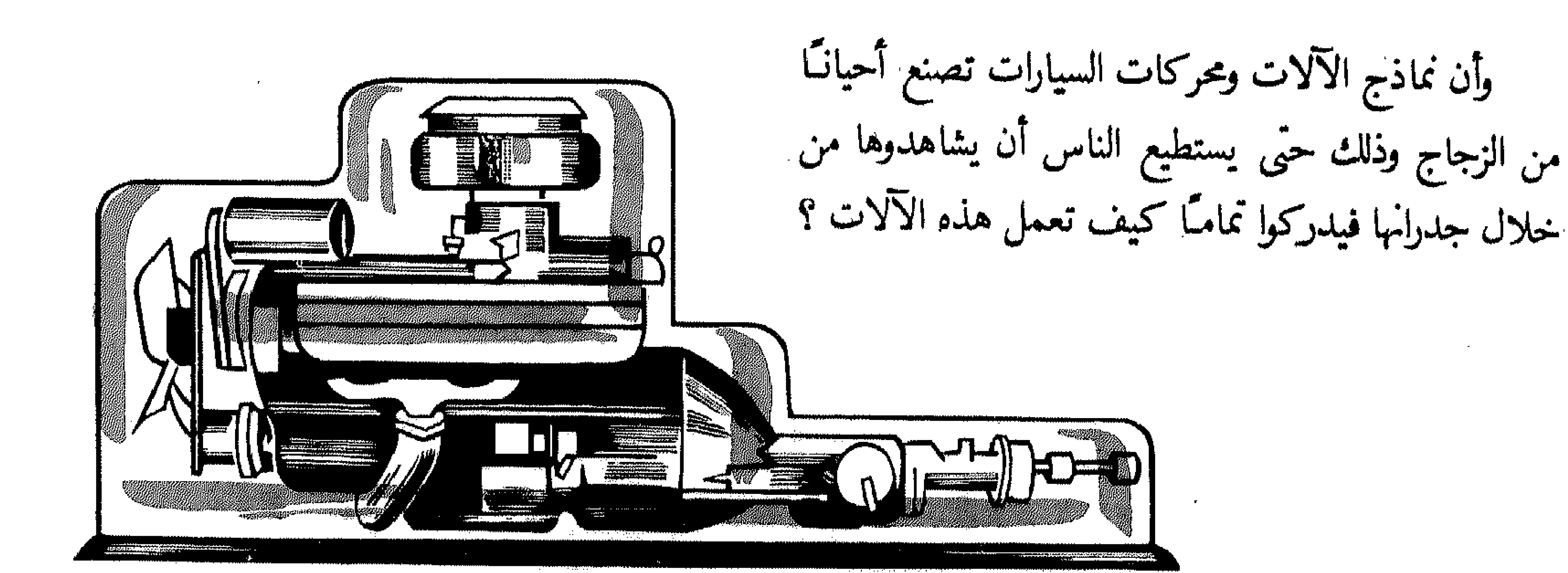
وأن لاعبى البلى يفضلون دائمًا أن يكون هذا البلى مصنوعًا من زجاج بدلا من الطين لأنه يساعدهم على إصابة الهدف ؟



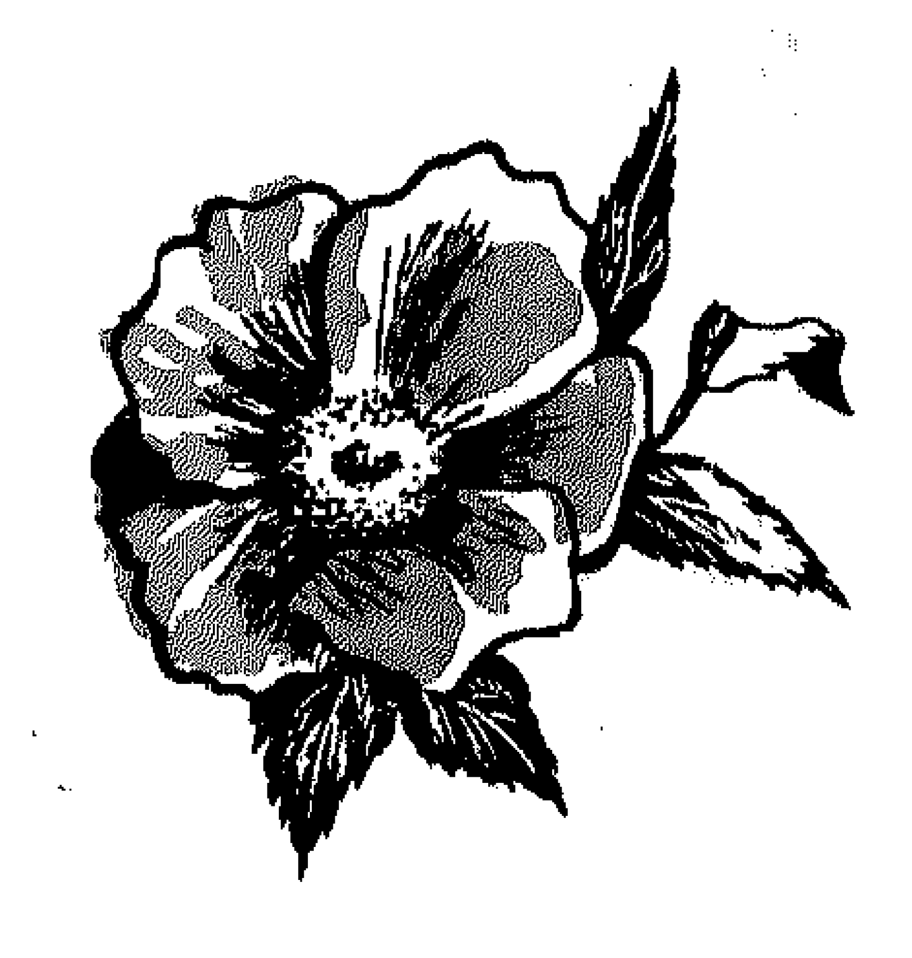
وأن هذا الجهاز العجيب يمكن استخدامه بدلا من قلب الإنسان أثناء العمليات الجراحية ، وذلك عند ما يتحتم منع مرور الدم إلى قلب المريض لفترة محدودة ؟

وأن العلماء قد تعلموا الشيء الكثير عن عادات الأسماك . وذلك بملاحظتهم لها وهم فى قوارب قاعها مصنوع من الزجاج ؟

وأن نماذج الآلات ومحركات السيارات تصنع أحيانـًا من الزجاج وذلك حتى يستطيع الناس أن يشاهدوها من خلال جدرانها فيدركوا تمامًا كيف تعمل هذه الآلات ؟



وأن أزهاراً رقيقة جميلة كهذه تصنع أحيانـًا من الزجاج ؟



إن مهرة العمال والفنانين ينفخونها باليد لكى تستخدم كوسائل إيضاح للطلبة الذين يدرسون علم النبات ؟ وهناك أيضًا نماذج متقنة غاية الإتقان للأسماك والميكروبات وأنسجة جسم الإنسان وكلها مصنوعة من زجاج يستفيد منها الطلبة الذين يدرسون العلوم .





رقم الإيداع		١٩٩٢ / ٩٣٨٩
الترقيم الدولى	977 - 02 - 3883 - X	ISBN

١ / ٩٢ / ٣٠٤

طبع بمطابع دار المعارف (ج.م.ع.)


٢١٧٠٥٤